THE TESLA TIMES

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA



Educación que mueve la industria

Instituto Superior Tecnológico «Nikola Tesla»

Cayambe, Ecuador

Volumen 1 · Número 1 · 2026

Período: 2026

Fecha de publicación

30 de octubre de 2026

THE TESLA TIMES
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

CRÉDITOS EDITORIALES

Entidad editora
Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla
Cayambe, Ecuador
Dirección: Calle Morales S-347 y Calderón

Director de la revista
Javier Sotomayor

Coordinadora editorial
Ana Vásconez

Editor en jefe
Brayan Cholango

Editores asociados
Gabriela Espinoza — Metodología y análisis cuantitativo
Diego Aguirre — Mecánica Automotriz
Diego Caiza — Administración e Innovación Educativa

Secretaria editorial
Jaqueline Quishpe

Afiliación del equipo editorial
Instituto Superior Tecnológico «Nikola Tesla», Ecuador.

Apoyo técnico y editorial
Steve Solís — Administración tecnológica y respaldos
Diego Monteros — Mantenimiento y carga de contenidos
Luis Coyago — Diseño y diagramación
Alex Criollo — Coordinación de revisión de textos en inglés
Gilmar Acosta — Apoyo en autorizaciones y derechos de autor

Designación del equipo editorial
Resolución del Órgano Colegiado Superior N°001-ESTRAORDINARIA-2S2026-I.S.T.N.T.-OCS

Datos de la edición
Volumen 1 · Número 1 · 2026
Período: 2S2026
Fecha real de publicación: 30 de octubre de 2026
Periodicidad: semestral

Contacto editorial
Correo: thetesla times@istnikolatesla.edu.ec
Sitio: https://theteslatimes.istnikolatesla.edu.ec/

THE TESLA TIMES
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

DERECHOS DE AUTOR Y LICENCIA

© 2026 Los autores de los artículos.

Los autores conservan sus derechos de autor y otorgan a *The Tesla Times* una autorización no exclusiva para publicar y difundir sus trabajos.

Los artículos se publican bajo la licencia **Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**, que permite compartir y adaptar el contenido, incluso con fines comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente la autoría, se incluya un enlace a la licencia y se indiquen los cambios realizados.

Los materiales de terceros que tengan condiciones diferentes se identificarán expresamente.

Licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Acceso y gratuidad

La lectura y descarga son gratuitas. La revista no cobra a los autores por el envío, la evaluación, la edición ni la publicación de sus manuscritos.

THE TESLA TIMES
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

ÍNDICE

The Tesla Times
Volumen 1 · Número 1 · 2026

Artículo y autoría	Páginas
Floricultura en Cayambe: eslabonamientos productivos e impacto económico territorial Diego José Caiza Valencia	**5–15**
Integración de propulsión e iluminación en un buggy eléctrico Diego Alexander Aguirre Páez	**16–26**
Guante traductor de señas Franklin Javier Escobar Cacuango; Yomaira Catalina Pilca Escobar; Jordán Isaac Pilco Cuascota	**27–34**
Diseño e implementación de un seguidor solar de dos ejes basado en ESP32 para la optimización de captación energética Byron Steve Solís González; Darwin Efraín Pujota Puga	**35–41**
Un modelo educativo para la formación tecnológica Javier Germán Sotomayor Montero	**42–49**

Floricultura en Cayambe: eslabonamientos productivos e impacto económico territorial

Caiza Valencia, Diego José[1]

[1]Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0001-6437-1105, Cayambe, Ecuador

Recibido: 2026/09/19 Aceptado: 2026/10/16

Resumen: La floricultura es, desde hace casi cuatro décadas, el principal motor agroexportador del norte de Pichincha; sin embargo, su peso en las cifras nacionales no revela cuánto de esa riqueza se queda en el territorio. Este artículo examina la incidencia económica del sector en Cayambe y Pedro Moncayo a partir de la teoría de los eslabonamientos de Albert Hirschman. Se realizó una investigación documental, cuantitativa y descriptiva con estadísticas del Banco Central del Ecuador, registros administrativos reportados en la literatura, censos del INEC y estudios académicos sobre la zona. En 2025, las exportaciones de flores naturales sumaron USD 1 044.7 millones, 2.8 % más que en 2024, y entre enero y septiembre de 2024 tres destinos concentraron el 72.1 % del valor. En Cayambe se registran 2 182 contribuyentes vinculados con la cadena de las flores y 14 089 trabajadores florícolas, el 35.7 % del empleo del sector en Pichincha. Un índice de especialización construido con datos censales muestra que la proporción de trabajadores florícolas por habitante en el cantón es unas 30 veces la del país. Los eslabonamientos de consumo son los más sólidos; los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante existen, pero su magnitud económica todavía no se mide. La informalidad, los salarios cercanos al mínimo sectorial y el pago de regalías a obtentores extranjeros limitan la retención local del valor. Se propone una agenda de medición para cuantificarla.

Palabras clave: floricultura; eslabonamientos productivos; economía territorial; impacto económico; Cayambe.

Floriculture in Cayambe: productive linkages and territorial economic impact

Abstract: For almost four decades, floriculture has been the main agro-export engine of northern Pichincha; however, its weight in national figures does not reveal how much of that wealth remains in the territory. This article examines the sector's economic impact on Cayambe and Pedro Moncayo through Albert Hirschman's theory of linkages. A documentary, quantitative and descriptive study was carried out using Central Bank of Ecuador statistics, administrative records reported in the literature, INEC censuses and academic studies on the area. In 2025, fresh flower exports reached USD 1 044.7 million, 2.8 % more than in 2024, and between January and September 2024 three destinations accounted for 72.1 % of the value. Cayambe has 2 182 taxpayers linked to the flower chain and 14 089 floriculture workers, 35.7 % of the sector's employment in Pichincha. A specialization index built with census data shows that the share of floriculture workers per inhabitant in the canton is about 30 times that of the country. Consumption linkages are the strongest; backward and forward linkages exist, but their economic magnitude has not yet been measured. Informality, wages close to the sectoral minimum and royalties paid to foreign breeders limit local value retention. A measurement agenda is proposed to quantify it.

Keywords: floriculture; productive linkages; territorial economy; economic impact; Cayambe.

1. Introducción

Quien recorre la carretera Panamericana entre Tabacundo y Cayambe encuentra un paisaje dominado por invernaderos que se extienden hasta las faldas del volcán. Ese paisaje es relativamente reciente. Desde mediados de la década de los ochenta, la floricultura de exportación reemplazó en gran medida a las haciendas ganaderas tradicionales y transformó el empleo, el uso del suelo y el crecimiento urbano de cantones como Cayambe (Calero, 2021). Hoy, Cayambe y Pedro Moncayo son los cantones donde esta actividad alcanza su mayor desarrollo en la provincia de Pichincha (Pavón et al., 2019).

La importancia nacional del sector y su aporte a la economía local son, sin embargo, dos cuestiones distintas. El Banco Central del Ecuador (BCE) registró exportaciones de flores naturales por USD 1 044.7 millones en 2025, frente a USD 1 016.0 millones en 2024, con un volumen que pasó de 177.1 a 184.1 miles de toneladas (kt) (BCE, 2026). Estas cifras dicen cuánto vende el país, pero no cuánto gana el territorio que produce. Una región puede exportar mucho y retener poco: si la actividad funciona como un enclave, buena parte de la riqueza que genera se va junto con las cajas de rosas que salen por el aeropuerto.

La literatura reciente ha estudiado la floricultura desde distintos ángulos: su contribución al desarrollo socioeconómico nacional (Betancourt Espinoza et al., 2025), su relación con la expansión urbana de Cayambe (Calero, 2021), la estabilidad laboral de sus trabajadores (Vega Muñoz et al., 2023), los riesgos volcánicos que amenazan su infraestructura (Pavón et al., 2019) y los impactos de la floricultura informal (Chávez Valle, 2025). En la literatura revisada, sin embargo, no se encontró un análisis que ordene la evidencia territorial según los tipos de eslabonamiento que genera el sector, ni que se pregunte cuánto del valor exportado se queda en el territorio. Ese es el vacío que este artículo busca empezar a cubrir.

Para quienes viven y trabajan en Cayambe, la floricultura no es solo una partida del comercio exterior: está presente en el transporte que traslada a los trabajadores hacia las fincas, en los negocios de insumos agrícolas y en un comercio local que se mueve al ritmo de los días de pago. Comprender ese impacto exige ir más allá de la visión fiscal o extractiva y analizar las redes de interdependencia que el sector teje con el resto de la economía. El ecosistema empresarial de Cayambe y Pedro Moncayo se ha moldeado en torno a la demanda de insumos, los servicios periféricos y el poder adquisitivo de los trabajadores florícolas, y ha dado lugar a emprendimientos que gravitan alrededor de las fincas ancla, entre ellos pequeños productores que aprendieron el oficio en fincas formales (Chávez Valle, 2025).

1.1. Marco teórico: los eslabonamientos de Hirschman

El marco teórico de esta investigación se apoya en la teoría del desarrollo económico de Albert O. Hirschman (1958). Para este autor, el desarrollo no avanza de forma equilibrada en todos los sectores a la vez; lo impulsan sectores con fuertes eslabonamientos (*linkages*), que generan desequilibrios positivos y estimulan la inversión en otras actividades.

Hirschman (1958) distinguió dos tipos de eslabonamientos. Los eslabonamientos hacia atrás (*backward linkages*) son el estímulo que genera una actividad para la creación o expansión de empresas proveedoras de insumos, maquinaria y materias primas. Los eslabonamientos hacia adelante (*forward linkages*) son el estímulo para la creación de empresas que utilizan el producto de esa actividad en etapas posteriores de procesamiento, logística o comercialización. Posteriormente, Hirschman (1977) amplió el enfoque a los eslabonamientos de consumo (*consumption linkages*), es decir, el efecto dinamizador que tiene el gasto de los ingresos de los trabajadores sobre el

comercio local, la construcción y los servicios, en la medida en que ese gasto ocurre en el territorio.

Si la floricultura importara todos sus insumos, contratara mano de obra que gastara sus ingresos fuera del territorio y dependiera por completo de logística foránea, funcionaría como un enclave con eslabonamientos nulos. La evidencia disponible sugiere que en Cayambe ocurre lo contrario; lo que todavía no se ha establecido con precisión es la magnitud de esos vínculos.

1.2. Pregunta y objetivo

La pregunta que orienta este trabajo es: ¿en qué medida la floricultura genera eslabonamientos productivos y de consumo en Cayambe y Pedro Moncayo? La hipótesis de trabajo es que el sector no opera como un enclave, pero que sus eslabonamientos de consumo son más fuertes y mejor verificables que los productivos. El objetivo general es analizar la incidencia económica de la floricultura en ambos cantones, aplicando la teoría de los eslabonamientos (*linkages*) para examinar en qué medida el sector actúa como motor del ecosistema empresarial y laboral de la región. Los objetivos específicos son: describir el desempeño comercial reciente del sector; identificar la evidencia de eslabonamientos hacia atrás, hacia adelante y de consumo; estimar la especialización florícola de Cayambe respecto del país; y proponer una agenda para cuantificar la retención local del valor.

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño

Se empleó un diseño de investigación documental, cuantitativo y descriptivo, de corte transversal, con una comparación interanual 2024–2025 para las exportaciones. El estudio se basa exclusivamente en fuentes secundarias.

2.2. Población y unidades de análisis

Las unidades de análisis fueron los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo, la actividad empresarial florícola y las estadísticas nacionales de exportación de flores naturales. No se trabajó con una muestra: para cada indicador se consideró el conjunto de registros disponibles en las fuentes consultadas, a saber, las exportaciones nacionales, el censo florícola de Cayambe y Pedro Moncayo, los contribuyentes del Servicio de Rentas Internas (SRI) en Cayambe, el catastro de empresas florícolas de Cayambe y los censos de población del cantón y del país.

2.3. Entorno

El estudio se refiere a los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, en el norte de la provincia de Pichincha, Ecuador. La ciudad de Cayambe se ubica a 48 km al nororiente de Quito (Calero, 2021), y las zonas de producción florícola se localizan alrededor del complejo volcánico Cayambe (Pavón et al., 2019).

2.4. Técnicas, mediciones y unidades

La recolección de datos se basó en fuentes secundarias, con prioridad para los indicadores relacionados con la creación de empresas conexas y el empleo formal. Se utilizaron: (a) las estadísticas de comercio exterior del BCE (2026), para el valor FOB y el volumen exportado; (b) el Censo Nacional Florícola de 2009, tal como lo reportan Pavón et al. (2019), para el número de florícolas, la superficie y los trabajadores; (c) el registro de contribuyentes del SRI y el catastro de empresas florícolas de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS), ambos de 2024 y citados según Chávez Valle (2025); (d) el análisis trimestral de comercio exterior del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2024), para los destinos de exportación, las empresas exportadoras y el empleo formal nacional; (e) los censos de población del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de 1990, 2001, 2010 y 2022 para el cantón Cayambe, según la compilación de City Population

(2024); (f) la población nacional del Censo 2022, que asciende a 16 938 986 habitantes (INEC, 2023); y (g) literatura académica sobre Cayambe (Calero, 2021; Vega Muñoz et al., 2023).

Los valores monetarios se expresan en dólares de los Estados Unidos (USD) nominales; los volúmenes, en toneladas (t) y miles de toneladas (kt); y las superficies, en hectáreas (ha). Los registros del SRI se clasifican por actividad económica y los trabajadores corresponden a los reportados por las fuentes citadas, sin ajustes propios.

2.5. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva: frecuencias, porcentajes y razones. La variación interanual se calculó con la Ecuación (1), donde X_t es el valor del indicador en el año t y X_{t-1} es el valor del año anterior. El valor unitario implícito se obtuvo como el cociente entre el valor FOB y el volumen exportado.

$$\Delta\% = \left[\frac{X_t - X_{t-1}}{X_{t-1}}\right] \times 100 \qquad (1)$$

Para medir la especialización del empleo florícola se partió del cociente de localización (CL) de la Ecuación (2), donde E representa el empleo, c el cantón analizado y N el total nacional; un valor mayor que 1 indica que el cantón está más especializado en flores que el país. Como las fuentes consultadas no reportan el empleo total cantonal ni el nacional, el empleo total se sustituyó por la población censada. El resultado es un índice de especialización poblacional (IEP): la proporción de trabajadores florícolas por habitante en el cantón dividida para la misma proporción a escala nacional. En el numerador se usaron los trabajadores del catastro de la SCVS (2024) y la población cantonal del censo 2022; en el denominador, las plazas formales del sector a diciembre de 2023 y la población nacional del mismo censo (INEC, 2023).

$$CL_c = \frac{\frac{E_{flores,c}}{E_{total,c}}}{\frac{E_{flores,N}}{E_{total,N}}} \qquad (2)$$

Además, se estimó una masa salarial mínima referencial como el producto del número de trabajadores florícolas de Cayambe por el salario mínimo sectorial de 2025, y se calculó la participación de Cayambe en el empleo florícola de Pichincha como el cociente entre ambos totales provinciales y cantonales. Para la población se calcularon variaciones porcentuales con la Ecuación (1) y tasas anuales compuestas, $r = (P_t/P_0)^{1/n} - 1$, donde n es el número de años entre censos.

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados

El hallazgo principal es que la floricultura no se comporta como un enclave en Cayambe: el cantón presenta una especialización florícola muy superior a la del país, y la evidencia respalda con solidez los eslabonamientos de consumo, mientras que los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante están documentados solo en parte.

3.1.1. Dinámica comercial del sector

El sostenimiento de los eslabonamientos depende del desempeño del sector en los mercados internacionales. De acuerdo con el BCE, en 2025 las exportaciones de flores naturales generaron USD 1 044.7 millones en valor FOB (*free on board*, mercancía puesta a bordo) (Tabla 1). El valor creció 2.8 % respecto de 2024 y el volumen, 4.0 %, mientras que el valor unitario implícito disminuyó 1.1 %.

Tabla 1. Exportaciones ecuatorianas de flores naturales, 2024–2025

Indicador	2024	2025	Variación (%)
Volumen (miles de t)	177.1	184.1	+4.0
Valor FOB (millones de USD)	1 016.0	1 044.7	+2.8
Valor unitario (USD/t)	5 736.9	5 674.6	−1.1

Fuente: BCE (2026). Elaboración propia. Valor unitario = valor FOB / volumen.

Dicho de otro modo, el país vendió más flores a un precio promedio por tonelada algo menor, y el mayor volumen compensó la caída del valor unitario. Conviene recordar que estas cifras son nacionales: el BCE no las desagrega por cantón.

La estructura del mercado muestra una alta concentración. Entre enero y septiembre de 2024, las flores naturales sumaron USD 747 millones, el 4 % de las exportaciones no petroleras (USD 18 025 millones) y el séptimo producto no petrolero de exportación; el valor fue 1.4 % mayor que el de igual período de 2023 (USD 737 millones), mientras que el volumen disminuyó 3 % (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2024). Estados Unidos (USD 248.5 millones; 33.3 %), la Unión Europea (USD 190.0 millones; 25.4 %) y Kazajistán (USD 100.0 millones; 13.4 %) concentraron el 72.1 % del valor exportado, y con Canadá y Chile los cinco primeros destinos reunieron el 78.6 % (Figura 1).

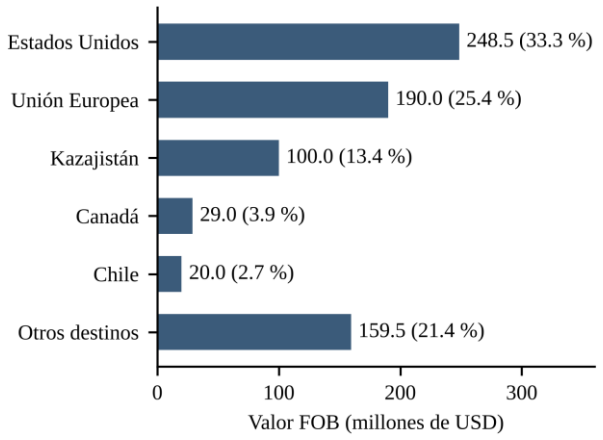


Figura 1. Exportaciones ecuatorianas de flores naturales por destino, enero–septiembre de 2024 (total: USD 747 millones). Fuente: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2024), con datos del BCE. Los porcentajes se calcularon con los valores publicados.

El mismo informe señala que las empresas exportadoras de flores pasaron de 1 035 a 1 122 entre los períodos enero–septiembre de 2023 y 2024 (+8.4 %), y que el sector tenía 75 080 plazas de empleo formal a diciembre de 2023, equivalentes al 2.6 % del empleo registrado en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2024). Como orden de magnitud, los 39 481 trabajadores florícolas que el catastro de 2024 ubica en Pichincha (Chávez Valle, 2025) equivalen al 52.6 % de esas plazas nacionales, lo que confirma que la provincia es el núcleo del sector.

3.1.2. Eslabonamientos hacia atrás

El cultivo intensivo de flores bajo invernadero demanda insumos tecnológicos, biológicos y mecánicos. El Censo Nacional Florícola de 2009 registró 152 florícolas, con una extensión total de 3 217 ha, en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo (Tabla 2), y la fotointerpretación de Pavón et al. (2019) identificó 13 208 edificaciones dedicadas a la actividad, de las cuales 4 272 son invernaderos y 8 936 son cobertizos.

Tabla 2. Indicadores del sector florícola en Cayambe y Pedro Moncayo

Indicador	Valor	Año
Florícolas censadas, Cayambe y Pedro Moncayo (número)	152	2009
Superficie florícola censada (ha)	3 217	2009
Trabajadores florícolas, Cayambe y Pedro Moncayo (número)	15 272	2009
Contribuyentes en la cadena de flores, Cayambe (número)	2 182	2024
Trabajadores florícolas, Pichincha (número)	39 481	2024
Trabajadores florícolas, Cayambe (número)	14 089	2024
Participación de Cayambe en Pichincha (%)	35.7	2024

Fuentes: Pavón et al. (2019) para 2009; Chávez Valle (2025) para 2024. La participación es de elaboración propia.

Para 2024, el registro de contribuyentes del SRI reportó 2 182 contribuyentes activos en la cadena de valor de las flores en Cayambe: 1 622 (74.3 %) dedicados al cultivo de flores, 106 (4.9 %) a

viveros, 2 (0.1 %) a la producción de semillas, 261 (12.0 %) a la venta al por mayor y 191 (8.8 %) a la venta al por menor (Figura 2) (Chávez Valle, 2025).

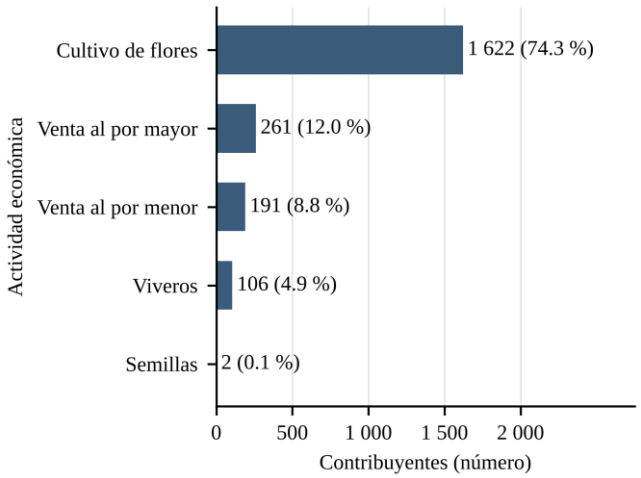


Figura 2. Contribuyentes del SRI en la cadena de valor de las flores en Cayambe, 2024 (n = 2 182). Fuente: SRI (2024), citado en Chávez Valle (2025).

Desde la óptica de los eslabonamientos hacia atrás, solo los viveros y los productores de semillas, que suman 108 contribuyentes (4.9 %), pueden identificarse con certeza como proveedores de material vegetal. El registro no desagrega a los proveedores de agroquímicos, empaques, plástico para invernaderos, mantenimiento o asesoría agronómica. Su presencia en el cantón es coherente con la intensidad de insumos del cultivo bajo invernadero, pero en este trabajo se plantea como una hipótesis por verificar con registros por actividad económica, no como un resultado demostrado.

Se encontró, además, un eslabonamiento menos visible pero valioso: el aprendizaje. Trabajadores que adquirieron experiencia en empresas medianas y grandes han iniciado producciones propias en predios de una a cinco hectáreas (Chávez Valle, 2025). En sentido contrario, las florícolas formales pagan regalías por variedades protegidas: en un ejemplo reportado por Chávez Valle (2025), una regalía de USD 1.00 por planta eleva el costo de adquisición de USD 1.05 a USD 2.05, casi el doble, y el país cuenta con apenas 14 obtentores vegetales frente a un gran número en el exterior, principalmente en Europa.

3.1.3. Eslabonamientos hacia adelante

Por su naturaleza perecible, la rosa requiere una cadena de frío continua desde la postcosecha hasta la exportación. Calero (2021) identifica la cercanía al aeropuerto de Quito y la accesibilidad por la carretera Panamericana entre los factores que explican la localización de las florícolas en Cayambe.

Dentro del territorio se identifican tres eslabonamientos hacia adelante. El primero son los centros de postcosecha de Cayambe y Tabacundo, a los que los pequeños productores entregan su producción (Chávez Valle, 2025). El segundo es la intermediación comercial que vincula a esos productores con las exportadoras (Chávez Valle, 2025). El tercero son los 452 contribuyentes dedicados a la venta al por mayor y al por menor de flores y plantas, el 20.7 % del registro (Figura 2). El transporte refrigerado y las agencias consolidadoras de carga completan, por lógica, esta cadena; sin embargo, las fuentes revisadas no permiten cuantificar su número, su empleo ni su valor agregado local.

3.1.4. Eslabonamientos de consumo

En Cayambe, el eslabonamiento de consumo se apoya en el empleo. Según el catastro de empresas florícolas de la SCVS de 2024, el sector registra 39 481 trabajadores en la provincia de Pichincha, de los cuales 14 089 (35.7 %) corresponden a Cayambe (Chávez Valle, 2025) (Tabla 2). Esta cifra no es comparable de forma directa con los 15 272 trabajadores que el Censo Nacional Florícola contabilizó en Cayambe y Pedro Moncayo (Pavón et al., 2019), porque difieren el año, la cobertura territorial y la fuente.

El censo de población permite dimensionar el territorio sobre el que se asienta ese empleo. El cantón Cayambe pasó de 46 938 habitantes en 1990

a 105 267 en 2022, es decir, creció 124.3 % en 32 años, con tasas anuales de 3.67 % (1990–2001), 2.32 % (2001–2010) y 1.72 % (2010–2022) (Tabla 3). En 2022, el 57.7 % de la población vivía en el área rural. Como referencia, los 14 089 trabajadores florícolas de 2024 equivalen al 13.4 % de los habitantes censados en 2022, uno por cada 7.5 habitantes, y a cerca del 18.8 % de las 75 080 plazas formales del sector a escala nacional.

El índice de especialización poblacional confirma esa lectura. En Cayambe hay 0.134 trabajadores florícolas por habitante; en el país, 0.0044 plazas formales del sector por habitante. El cociente entre ambas proporciones es de 30.2: en términos relativos, la floricultura pesa en Cayambe unas 30 veces más que en el conjunto del Ecuador. El indicador combina fuentes y años distintos (SCVS 2024, IESS a diciembre de 2023 y censo 2022) y podría estar sobrestimado si una parte de los trabajadores de empresas domiciliadas en Cayambe reside en otros cantones. Aun así, incluso si el valor real fuera la mitad, superaría 15, de modo que su conclusión es robusta: Cayambe es un territorio altamente especializado en flores.

Tabla 3. Población del cantón Cayambe según los censos del INEC

Censo	Población (hab.)	Variación (%)	Tasa anual (%)
1990	46 938	–	–
2001	69 800	+48.7	3.67
2010	85 795	+22.9	2.32
2022	105 267	+22.7	1.72

Fuente: INEC, censos de población y vivienda, según City Population (2024). Variación respecto del censo anterior; tasa anual compuesta, de elaboración propia. En 2022: 44 559 habitantes urbanos (42.3 %) y 60 708 rurales (57.7 %).

El modelo empresarial formal implica contrato, afiliación al IESS y participación de los trabajadores en el 15 % de las utilidades anuales, conforme a la ley (Congreso Nacional del Ecuador, 2005). En las florícolas informales, en cambio, predominan las relaciones laborales sin afiliación ni contrato escrito (Chávez Valle, 2025). Vega Muñoz et al. (2023) recuerdan que las condiciones de trabajo en las florícolas de Cayambe han cambiado con el tiempo y que fueron muy precarias en los inicios de la actividad.

El salario mínimo sectorial de los trabajadores agrícolas de flores naturales pasó de USD 355.57 en 2015 a USD 471.66 en 2025, un aumento de 32.7 %, según datos del Ministerio de Trabajo reportados por Chávez Valle (2025). Si los 14 089 trabajadores percibieran únicamente ese mínimo, la masa salarial sería de aproximadamente USD 6.6 millones mensuales (14 089 × 471.66) y de USD 79.7 millones al año, sin contar décimos, fondos de reserva ni utilidades. Esa cifra anual equivale a cerca del 7.6 % del valor nacional exportado en 2025. Se trata de una estimación propia y de un piso: supone que todos perciben el mínimo sectorial y que el empleo de 2024 se mantuvo en 2025.

Calero (2021) documenta que, en el área de estudio de la ciudad de Cayambe, la superficie florícola aumentó de 145.6 ha en 1993 a 694.2 ha en 2010, y que la población del área de transición entre la ciudad y el campo pasó de 10 382 a 27 547 habitantes entre 1990 y 2010. La autora atribuye parte de esta dinámica a que quienes trabajan en el campo residen y consumen en la ciudad, lo que impulsó la demanda de vivienda y dinamizó la economía local. Es, quizá, la huella más tangible del eslabonamiento de consumo.

3.1.5. Síntesis de la evidencia

La Tabla 4 resume la evidencia hallada para cada tipo de eslabonamiento y su alcance.

Tabla 4. Síntesis de la evidencia por tipo de eslabonamiento

Tipo	Evidencia hallada	Alcance
Hacia atrás	108 viveros y productores de semillas (4.9 %); transferencia de conocimiento a pequeños productores	Parcial: proveedores de insumos no desagregados
Hacia adelante	452 comerciantes de flores y plantas (20.7 %); centros de postcosecha; intermediarios	Parcial: logística no cuantificada
De consumo	14 089 trabajadores; masa salarial mínima de USD 6.6 millones mensuales; crecimiento urbano	Mayor: datos de empleo y urbanos
Retención local	Aproximada	IEP de 30.2 y masa salarial mínima de USD 79.7 millones anuales; faltan datos de compras locales

Elaboración propia a partir de Calero (2021), Chávez Valle (2025) y Pavón et al. (2019).

3.2. Discusión

Los datos revisados permiten responder la pregunta de investigación y confirmar la hipótesis: la floricultura de Cayambe y Pedro Moncayo no opera como un enclave, y sus eslabonamientos de consumo son los más robustos. Cuatro pruebas sustentan esta respuesta. La primera es la especialización: con un IEP de 30.2, el empleo florícola pesa en Cayambe unas 30 veces más que en el país. La segunda es la masa laboral, de 14 089 trabajadores (35.7 % del total provincial), que consume en el territorio, como documenta Calero (2021). La tercera es una cadena local de viveros, mayoristas y minoristas de flores, que suma 560 contribuyentes (25.7 % del registro). La cuarta es que los pequeños productores entregan su producción a centros de postcosecha ubicados en el propio territorio (Chávez Valle, 2025).

Estos resultados son coherentes con el enfoque de Hirschman (1977), para quien el efecto sobre el territorio depende de la capacidad de los eslabonamientos para retener valor localmente. El eslabonamiento de consumo es el más sólido porque se apoya en datos de empleo y en evidencia de crecimiento urbano; los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante, en cambio, se documentan sobre todo por el número de empresas, no por su facturación, su empleo o sus compras locales. Desde la perspectiva de este estudio, esta asimetría no es un detalle técnico: indica que Cayambe aporta, ante todo, trabajo y territorio a la cadena global de las flores, mientras que los eslabones de mayor valor, como la genética vegetal y la comercialización internacional, se encuentran en buena medida fuera del cantón.

Varios resultados obligan a matizar esta lectura favorable. Las cifras de empleo no son comparables entre fuentes: el Censo Nacional Florícola contabilizó 15 272 trabajadores en los dos cantones (Pavón et al., 2019), mientras que el catastro de 2024 reporta 14 089 solo para Cayambe (Chávez Valle, 2025). La diferencia no debe leerse como crecimiento ni como caída del empleo, porque cambian el año, la cobertura territorial y la fuente. Además, el salario mínimo sectorial se ha mantenido cercano al salario mínimo vital (Chávez Valle, 2025); por ello, el efecto de consumo depende más del número de trabajadores que del nivel de sus ingresos. En términos prácticos, el sector reparte mucho empleo, pero no necesariamente prosperidad.

La expansión urbana tampoco es, por sí misma, sinónimo de desarrollo. Calero (2021) advierte que el crecimiento asociado a la floricultura fue en buena parte no consolidado: entre 2001 y 2010 se sumaron más de 200 ha de suelo urbano sin consolidar y los barrios periféricos mantuvieron déficits de servicios. A ello se suma una periferia informal. Según la estimación de un técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería recogida por Chávez Valle (2025), entre Cayambe y Pedro Moncayo existen unas 1 000 ha de cultivos florícolas de pequeña escala, con cerca de 5 000 familias, sin regularización. Esta periferia amplía el alcance de los eslabonamientos, porque convierte el aprendizaje adquirido en las fincas formales en emprendimientos propios, pero se asocia con la falta de afiliación al IESS, el trabajo infantil y presiones ambientales (Chávez Valle, 2025). Korovkin (2003) ya documentaba tensiones sociales latentes en las áreas florícolas de la sierra ecuatoriana.

Una parte del gasto en insumos tampoco se queda en el territorio. Dado que los obtentores de variedades son pocos en el país y numerosos en el exterior (Chávez Valle, 2025), y que una regalía puede casi duplicar el costo de una planta, la retención local de los eslabonamientos hacia atrás sería menor que la que sugiere el número de empresas conexas. Verificar la proporción exacta requiere datos de compras de las fincas.

La demanda externa, por su parte, está concentrada: tres destinos explican el 72.1 % del valor exportado entre enero y septiembre de 2024 (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2024). Como los eslabonamientos de consumo dependen del empleo, y el empleo depende de las ventas externas, un choque de demanda o de acceso a cualquiera de esos mercados se transmitiría directamente a la economía de Cayambe. La elevada especialización del cantón hace que esa exposición sea mayor que la del promedio nacional.

La concentración territorial del sector puede leerse también desde la economía geográfica: cuando existen rendimientos crecientes y costos de transporte, las actividades tienden a aglomerarse cerca de los mercados y de la infraestructura de salida (Krugman, 1991). La cercanía de Cayambe al aeropuerto de Quito y a la carretera Panamericana (Calero, 2021) es consistente con esa lectura. La misma aglomeración implica vulnerabilidad: Pavón et al. (2019) estiman que una erupción del volcán Cayambe podría causar pérdidas del orden de USD 300 millones en plantas e invernaderos de los dos cantones. Un territorio que depende tanto de un solo sector necesita, por tanto, planes de diversificación y de gestión del riesgo.

Este estudio tiene limitaciones que conviene explicitar. Las exportaciones del BCE son nacionales y no se desagregan por cantón, por lo que no es posible atribuir a Cayambe una parte del valor exportado. Los datos de empleo y de contribuyentes provienen de fuentes secundarias de años distintos (2009, 2022, 2023, 2024 y 2025). El IEP es una aproximación al cociente de localización, y la masa salarial estimada es un piso. Por último, contar empresas no equivale a medir valor agregado, empleo o compras locales; por eso, las conclusiones sobre los eslabonamientos productivos se refieren a su existencia y dirección, no a su magnitud.

Se recomienda una agenda de medición continua con cinco líneas: (a) calcular el cociente de localización con el empleo total registrado en el IESS y en el INEC, para contrastar el IEP; (b) clasificar a los contribuyentes del SRI por actividad económica, para identificar proveedores de agroquímicos, empaques, plásticos, mantenimiento y logística; (c) levantar información de compras locales en una muestra de fincas, para estimar la proporción de insumos adquiridos en el territorio; (d) incorporar a los pequeños productores informales y las condiciones laborales, para que la medición no se limite al segmento formal; y (e) institucionalizar esa información en un observatorio económico territorial impulsado conjuntamente por los gobiernos autónomos descentralizados, las instituciones de educación superior de la zona y los gremios florícolas.

4. Conclusiones

La floricultura de exportación trasciende su rol de actividad agrícola y se comporta como un sector líder del norte de Pichincha. Su impacto en Cayambe y Pedro Moncayo no se agota en las cifras de exportación (USD 1 044.7 millones en 2025), sino que se expresa en eslabonamientos con el empleo, el comercio y los servicios del territorio. Se confirma la hipótesis planteada: el sector no funciona como un enclave, y sus eslabonamientos de consumo son más fuertes que los productivos.

El desempeño externo es sólido, pero concentrado: las exportaciones crecieron 2.8 % en 2025 y, entre enero y septiembre de 2024, tres destinos (Estados Unidos, la Unión Europea y Kazajistán) reunieron el 72.1 % del valor exportado. Esa concentración se

traslada al territorio, porque Cayambe presenta un índice de especialización poblacional de 30.2: la floricultura pesa allí unas 30 veces más que en el conjunto del país.

Los eslabonamientos de consumo son los mejor documentados: 14 089 trabajadores en Cayambe, el 35.7 % de los trabajadores florícolas de Pichincha, con una masa salarial mínima estimada de USD 6.6 millones mensuales y USD 79.7 millones anuales, además de un crecimiento poblacional y urbano asociado a la actividad. Los eslabonamientos hacia atrás (108 viveros y productores de semillas, además de la transferencia de conocimiento hacia pequeños productores) y hacia adelante (452 comerciantes de flores y plantas, centros de postcosecha e intermediarios) están presentes, aunque las fuentes disponibles no permiten cuantificar la provisión local de agroquímicos, empaques, plásticos o transporte refrigerado.

La informalidad, los salarios cercanos al mínimo, la expansión urbana no consolidada y el pago de regalías a obtentores mayoritariamente extranjeros reducen la parte del valor que se queda en el territorio. Para medirla con precisión, se propone una agenda de medición continua que priorice el cociente de localización con datos de empleo total, la integración de los registros del SRI y del IESS, y un observatorio económico territorial con participación local.

En síntesis, para Cayambe la pregunta ya no es si la floricultura genera actividad económica, sino cuánto del valor de cada tallo exportado se queda en el cantón y cómo aumentar esa proporción. Fortalecer a los proveedores locales, formalizar a los pequeños productores, mejorar los ingresos laborales y promover la investigación en variedades propias son caminos que permitirían que el éxito exportador se traduzca en un desarrollo territorial más amplio y duradero.

Referencias

Banco Central del Ecuador. (2026). *Balanza comercial por productos: enero–diciembre de 2025*. https://contenido.bce.fin.ec/

Betancourt Espinoza, A., Tuz Gia, S. N., & Salcedo Muñoz, V. E. (2025). Sector florícola: Contribución al desarrollo socioeconómico del Ecuador, 2015–2024. *GADE: Revista Científica, 5*(1), 755–778. https://doi.org/10.63549/rg.v5i1.653

Calero, D. (2021). Florícolas: ¿motores de la expansión urbana? El caso de Cayambe, Ecuador. *Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial, 20*, 52–72. https://doi.org/10.17141/eutopia.20.2021.5164

Chávez Valle, L. A. (2025). *Impactos socio-económicos y ambientales de las florícolas informales en Ecuador: caso del cantón Cayambe* [Trabajo de integración curricular, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/48046

City Population. (2024). *Cayambe (Cantón, Ecuador): Population statistics* [Datos de los censos del INEC de 1990, 2001, 2010 y 2022]. https://citypopulation.de/en/ecuador/admin/pichincha/1702__cayambe/

Congreso Nacional del Ecuador. (2005). *Código del Trabajo* (Codificación 2005-017). Registro Oficial Suplemento 167.

Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.

Hirschman, A. O. (1977). A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. *Economic Development and Cultural Change, 25*, 67–98.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Ecuador creció en 2.5 millones de personas entre 2010 y 2022*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/ecuador-crecio-en-2-5-millones-de-personas-entre-2010-y-2022/

Korovkin, T. (2003). Desarticulación social y tensiones latentes en las áreas florícolas de la sierra ecuatoriana: un estudio de caso. *Ecuador Debate, 58*, 143–158. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/4483/1/RFLACSO-ED58-10-Korovkin.pdf

Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy, 99*(3), 483–499. https://doi.org/10.1086/261763

Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2024). *Análisis trimestral de comercio exterior, enero–septiembre 2024*. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Analisis-trimestral-de-comercio-exterior-ene-sep-2024.pdf

Pavón, F., Andrade, S. D., Bernard, B., & Contreras, D. (2019). Impacto socioeconómico por lahares y caída de ceniza ante la erupción del volcán Cayambe en la actividad florícola en Cayambe y Pedro Moncayo. *Revista Cartográfica, 98*, 123–143. https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.144

Vega Muñoz, E. A., Garzón Puetate, W. A., & Morales, Y. P. (2023). Análisis de la estabilidad laboral de los trabajadores de las florícolas del cantón Cayambe. *Dominio de las Ciencias, 9*(3). https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3509

BIOGRAFÍAS

- Caiza Valencia, Diego José. Ingeniero Comercial y Magíster en Innovación en Educación. Tiene experiencia docente en Bachillerato Técnico (Gestión Financiera y Contable, Gestión Administrativa y Logística, Comercialización y Ventas) y en educación superior tecnológica. Es docente y director de la carrera de Contabilidad del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla. Su trayectoria incluye gestión administrativa, análisis económico-financiero, elaboración de planes de negocio y gestión comercial. Su labor se enfoca en la innovación educativa y en la articulación entre la formación técnica y las dinámicas del entorno empresarial.

Integración de propulsión e iluminación en un buggy eléctrico

Aguirre Páez, Diego Alexander[1]
[1]Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, https://orcid.org/0009-0009-4205-4932, Cayambe, Ecuador.

Recibido: 2026/09/19 Aceptado: 2026/10/16

Resumen: Este trabajo describe la integración de propulsión eléctrica, iluminación y señalización en un chasis de buggy convencional del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. Se desarrolló un estudio tecnológico aplicado de caso único, basado en dos etapas de intervención, revisión de registros de montaje, identificación de componentes y comprobaciones funcionales. La primera etapa comprendió la adaptación del conjunto motriz posterior, el alojamiento de baterías y los mandos; la segunda incorporó los circuitos de iluminación y señalización. La configuración resultante utiliza un motor marcado de 1800 W y 60/72 V, un controlador de 2000 W y cinco baterías NOBLIFT 6-EVF-46.8 conectadas en serie. Se identificó un cargador 60V5A con entrada de 110 V CA, 60 Hz, y salida declarada de 60–74 V CC, 5 A. La tensión promedio medida fue de 12.74 V por batería, equivalente a una suma calculada de 63.70 V. En la batería que alimenta las luces, la tensión pasó de 12.74 V a 12.34 V con las luminarias encendidas, la propulsión energizada y el motor detenido: una disminución de 0.40 V, equivalente al 3.14 %. El montaje permitió documentar la integración física y el funcionamiento básico de los subsistemas. La alimentación auxiliar desde una sola batería se identificó como un aspecto susceptible de mejora mediante conversión DC/DC. La caracterización se limita a la configuración construida y a la comprobación eléctrica puntual.

Palabras clave: propulsión eléctrica; integración vehicular; iluminación automotriz; banco de baterías; prototipo didáctico.

Integration of propulsion and lighting in an electric buggy

Abstract: This study describes the integration of electric propulsion, lighting, and signalling into a conventional buggy chassis at Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla in Cayambe, Ecuador. An applied technological single-case study combined two implementation stages, assembly record review, component identification, and functional checks. The first stage adapted the rear powertrain, battery compartment, and driver controls; the second added lighting and signalling circuits. The resulting configuration uses a motor marked 1800 W and 60/72 V, a 2000 W controller, and five series-connected NOBLIFT 6-EVF-46.8 batteries. A 60V5A charger was identified, with a 110 V AC, 60 Hz input and a declared 60–74 V DC, 5 A output. The measured average battery voltage was 12.74 V, giving a calculated series total of 63.70 V. At the battery supplying the lights, terminal voltage decreased from 12.74 V to 12.34 V with the lights on, the propulsion system energised, and the motor stopped. The difference was 0.40 V, or 3.14%. Assembly records documented the physical integration and basic operation of the subsystems. Supplying auxiliary loads from a single battery was identified as an aspect that could be improved through DC/DC conversion. Characterisation is limited to the constructed configuration and a single electrical check; driving range and speed remain experimentally unverified.

Keywords: electric propulsion; vehicle integration; automotive lighting; battery bank; educational prototype.

1 Introducción

La adaptación de una plataforma vehicular a propulsión eléctrica implica resolver la relación entre almacenamiento de energía, control del motor y transmisión, junto con la alimentación de los sistemas auxiliares. En la arquitectura general de un vehículo eléctrico, el controlador regula la energía entregada al motor y la transmisión conduce la potencia mecánica hacia las ruedas; los accesorios pueden recibir una tensión diferente mediante conversión de corriente continua (U.S. Department of Energy, s. f.). En un chasis existente, estas funciones deben integrarse dentro de una geometría y unos puntos de montaje previamente definidos.

Los prototipos ligeros permiten estudiar esa integración a una escala accesible para la formación tecnológica. Mihalić et al. (2023) desarrollaron un kart eléctrico relacionando el diseño del chasis, la dinámica vehicular, la capacidad de baterías y la selección del motor. Mateja (2023), por su parte, combinó simulación y ensayos para desarrollar el sistema de alimentación de un kart, e identificó diferencias entre el comportamiento previsto y el observado. Ambos trabajos muestran la importancia de analizar el vehículo como un conjunto y de contrastar sus características declaradas con su funcionamiento real.

En el contexto ecuatoriano, Bautista (2024) examinó el diseño del bastidor de un kart eléctrico considerando geometría, distribución del peso, ergonomía y compatibilidad con los componentes de propulsión. Estos antecedentes orientan el análisis del presente caso, aunque las soluciones de un kart no son directamente transferibles a un buggy con suspensión y una configuración estructural distinta.

La carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla dispuso de un chasis tubular procedente de un buggy que había utilizado motor de combustión interna. La estructura fue recibida sin ese motor y se destinó a un proyecto de implementación eléctrica. La intervención se organizó en dos Proyectos Integradores de Saberes (PIS): el primero incorporó el sistema de propulsión y las adaptaciones mecánicas necesarias para su montaje; el segundo desarrolló los circuitos de iluminación y señalización.

El interés técnico del proyecto reside en integrar componentes comerciales en una plataforma existente y documentar las decisiones constructivas que permiten su funcionamiento conjunto. El alojamiento del banco de baterías, el acoplamiento del conjunto motriz y la alimentación del alumbrado constituyen problemas relacionados, ya que cualquier modificación del montaje o del consumo auxiliar afecta a la configuración general.

El objetivo de este estudio fue describir la integración de la propulsión eléctrica, el sistema de carga, la iluminación y la señalización en el buggy institucional, y caracterizar su configuración mediante identificación de componentes y verificaciones funcionales. El artículo presenta la solución construida y una comprobación eléctrica puntual, como base para su utilización técnica y su desarrollo posterior.

2 Materiales y Métodos

2.1 Diseño del estudio y documentación

Se desarrolló un estudio tecnológico aplicado, descriptivo y de caso único en los talleres de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. La unidad de análisis fue el prototipo institucional. Se revisaron las memorias de los dos PIS, los registros fotográficos del montaje y las identificaciones visibles en los componentes instalados. Las comprobaciones de funcionamiento se complementaron con mediciones de tensión efectuadas sobre el banco y la batería utilizada para iluminación.

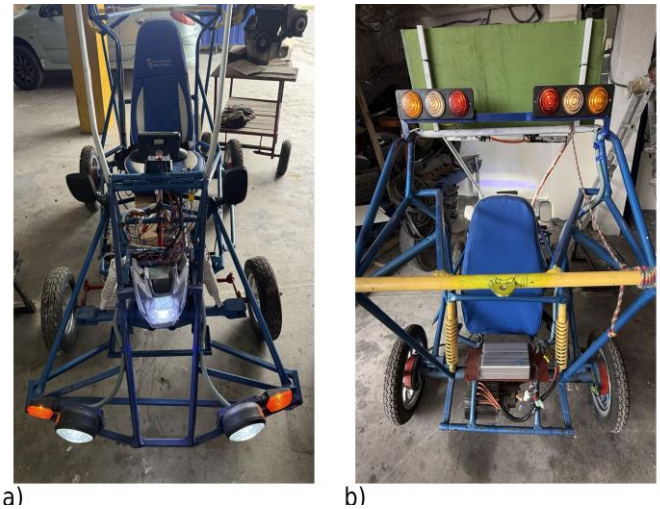
Para organizar la información se distinguieron tres niveles: características declaradas en placas o etiquetas, observaciones de montaje y funcionamiento, y mediciones con sus cálculos derivados. Se consideró la configuración

físicamente identificada para establecer las especificaciones del prototipo. Las cifras comerciales de velocidad, autonomía y duración de baterías se trataron como estimaciones externas, sin incorporarlas a los resultados medidos.

2.2 Plataforma y adaptaciones mecánicas

El punto de partida fue un chasis tubular sin motor térmico. La intervención comprendió la adecuación de la zona posterior para fijar el conjunto de propulsión, la construcción del alojamiento de baterías y la adaptación del puesto de conducción. La Figura 1 presenta la configuración general del vehículo después de incorporar la iluminación.

Se efectuaron cortes y uniones soldadas para instalar los soportes del tren motriz y del banco de baterías. También se adecuaron las bases de los pedales, el accionamiento del freno y la posición del volante. El asiento se montó sobre el compartimento central. En las zonas intervenidas se documentaron trabajos de lijado y pintura. La Tabla 1 relaciona estas modificaciones con su finalidad constructiva.



a) b)

Figura 1. Configuración del buggy: a) vista frontal; b) vista posterior con luminarias y conjunto motriz. Fotografías del proyecto.

Tabla 1. Adaptaciones mecánicas y funcionales

Conjunto	Intervención	Finalidad
Tren posterior	Soportes y fijaciones del conjunto motriz.	Alojar motor y transmisión.
Banco	Compartimento central y asiento.	Sujetar baterías y permitir acceso.
Mandos	Bases de pedales, accionamiento de freno y ajuste del volante.	Integrar los controles del conductor.
Luces	Soportes frontales y posteriores; tendido protegido.	Fijar luminarias y organizar el cableado.

Fuente: elaboración propia a partir de los registros del proyecto.

La secuencia constructiva se inició con la preparación de los alojamientos y continuó con el montaje del motor, la transmisión, el controlador y el banco. Una vez conectados el acelerador y la habilitación mediante llave, se efectuaron comprobaciones básicas de respuesta y desplazamiento.

2.3 Propulsión y control electrónico

El conjunto posterior integra el motor eléctrico con una reducción y un diferencial, desde el cual se transmite el movimiento hacia las ruedas traseras. El motor presenta un grabado con las designaciones 60V, 72V y 1800W; esta última se utilizó como potencia indicada del componente. No se efectuó una medición de potencia mecánica o de par.

El controlador instalado tiene una etiqueta OBITE con las referencias YALONG y CAVALO. En ella se declaran alimentación de 60/72 V, potencia de 2000 W y límite de corriente de 80 ± 1 A. También se indican umbrales de baja tensión de 52/63 ± 1 V. La identificación del motor y la etiqueta del controlador se muestran en la Figura 2. Estos valores describen el equipo instalado; el modo de tensión seleccionado y la actuación de sus protecciones no se comprobaron mediante ensayo.

La orden del conductor se transmite mediante un acelerador electrónico conectado al controlador. La llave habilita el sistema de propulsión. Se emplea el término controlador para identificar la unidad electrónica, sin deducir una estrategia concreta de conmutación o una clasificación del motor únicamente a partir de las funciones anunciadas en su etiqueta.

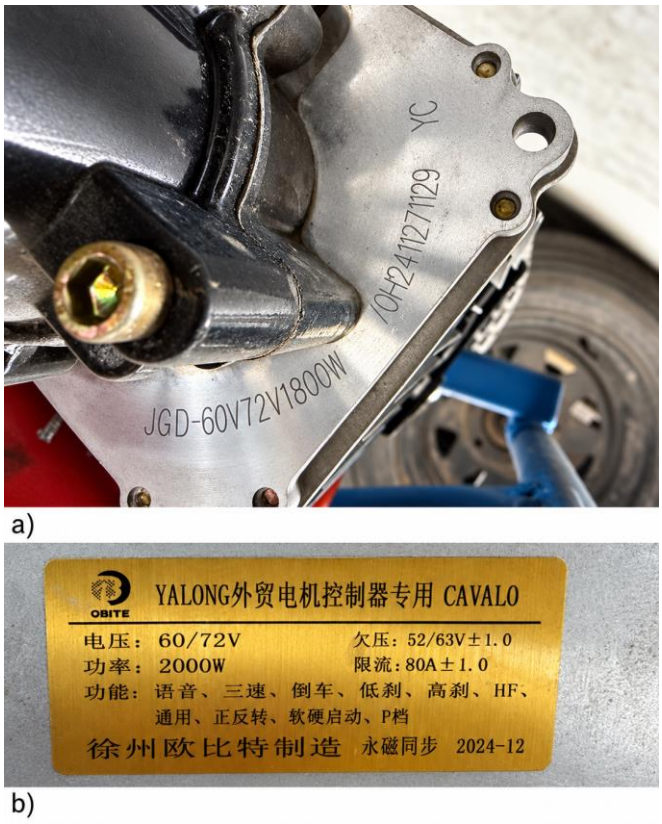


Figura 2. Identificación del conjunto eléctrico: a) grabado del motor; b) etiqueta del controlador. Las potencias corresponden a los valores marcados en los componentes.

La Figura 3 permite reconocer el conjunto motriz posterior y el acoplamiento del motor con la carcasa de transmisión. La cadena funcional comprende banco de baterías, controlador, motor y transmisión mecánica hacia las ruedas traseras. El diferencial permite diferencias de velocidad entre las ruedas durante el giro, función descrita para este mecanismo por Eaton (s. f.).

La identificación de 1800 W corresponde al marcado del motor y no a una medición de potencia útil en las ruedas. Para caracterizar la multiplicación de par y la velocidad de salida se requieren la relación de transmisión y las pérdidas mecánicas; estos parámetros no se cuantificaron en el presente estudio. Por ello, la descripción del conjunto se limita a su integración física y a la transferencia de movimiento observada.



Figura 3. Conjunto motor–transmisión: a) disposición posterior con salidas hacia ambas ruedas; b) detalle del motor y carcasa del conjunto de transmisión y diferencial. Fotografías del proyecto; los elementos internos no se inspeccionaron.

2.4 Almacenamiento y sistema de carga

El banco está constituido por cinco baterías iguales NOBLIFT modelo 6-EVF-46.8, conectadas en serie. La Figura 4 muestra la identificación de una unidad. La denominación comercial relacionada

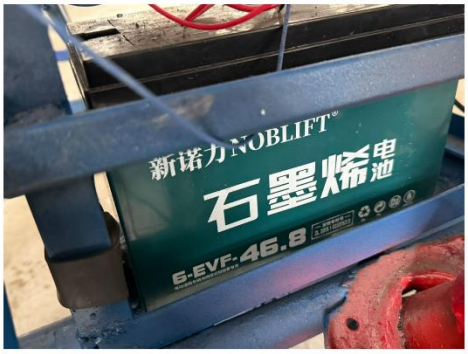
con grafeno se conserva como identificación del producto y no como una caracterización de su composición. En la conexión en serie, el terminal positivo de cada unidad se enlaza con el negativo de la siguiente; los extremos libres constituyen la salida del banco, como se representa en la Figura 4b. Las tensiones se suman y la capacidad nominal en amperios hora no se multiplica por el número de unidades. El esquema representa exclusivamente la interconexión del almacenamiento y no sustituye un plano del arnés, sus protecciones o la derivación auxiliar.

La recarga se realiza con un equipo rotulado para baterías de plomo-ácido, modelo 60V5A. Su etiqueta declara una entrada de 110 V de corriente alterna (CA), 60 Hz, y potencia máxima de entrada de 420 W. En la salida se consignan 60–74 V de corriente continua (CC) y 5.0 A. La Figura 5 reúne la etiqueta y el conector aportado con el equipo.

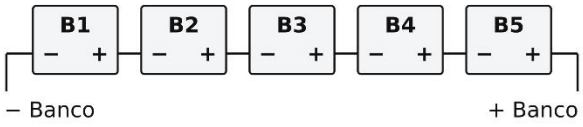
El conector fotografiado presenta tres posiciones y el marcado 6A100V. Se documentó su aspecto y su inscripción; la asignación de contactos, la polaridad y su ubicación funcional en el circuito de carga no se establecieron mediante continuidad o medición.

La Tabla 2 sintetiza las características identificadas de propulsión, almacenamiento y carga. La rotulación del cargador para plomo-ácido es un dato del equipo de carga; la compatibilidad electroquímica específica del banco requiere contrastarla con la ficha de la batería. En este estudio no se registró una curva de carga ni se midió la duración de un ciclo completo.

a) Identificación de la batería instalada



b) Cinco baterías en serie



5 × 12.74 V = 63.70 V
Suma calculada a partir del promedio medido
B1–B5: numeración esquemática

Figura 4. Banco de almacenamiento: a) batería NOBLIFT 6-EVF-46.8 instalada; b) esquema de las cinco unidades en serie. La tensión total es una suma calculada a partir del promedio medido. Fotografía del proyecto y esquema de elaboración propia.



a)



b)

Figura 5. Equipo de carga: a) identificación y valores eléctricos de placa; b) conector fotografiado, marcado 6A100V. La imagen no establece su asignación de contactos.

Tabla 2. Características identificadas de los componentes

Elemento	Datos documentados
Motor	1800 W; identificación 60/72 V.
Controlador	OBITE; YALONG/CAVALO; 60/72 V; 2000 W; límite declarado 80 ± 1 A.
Baja tensión	52/63 ± 1 V, según etiqueta del controlador.
Baterías	5 NOBLIFT 6-EVF-46.8 en serie; capacidad específica no verificada.
Cargador	60V5A; rotulado para plomo-ácido.
Entrada	110 V CA; 60 Hz; 420 W máximos.
Salida	60–74 V CC; 5.0 A, declarados en placa.

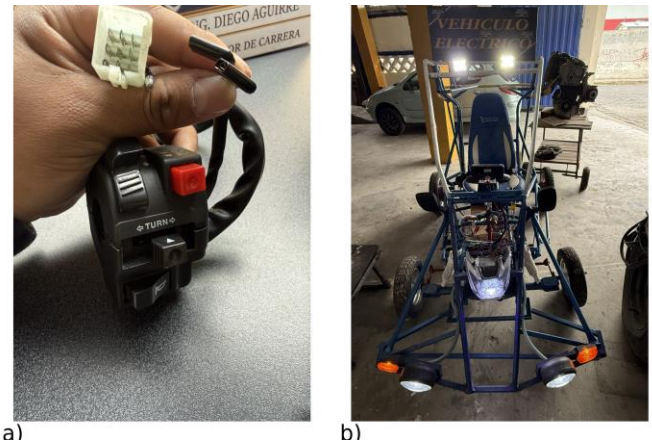
Fuente: elaboración propia a partir de los registros del proyecto.

2.5 Iluminación y señalización

La segunda etapa incorporó faros frontales y dispositivos de posición, freno, direccionales y emergencia. Se adaptaron soportes a la estructura y se organizaron las rutas de cableado para enlazar fuente, mandos y luminarias.

Los circuitos reciben alimentación desde una sola batería del banco de propulsión, mediante una derivación de sus terminales. La configuración no incluye un convertidor de corriente continua a corriente continua (DC/DC) para alimentar las luces. Aunque los mandos permiten accionar funciones diferenciadas, la energía auxiliar procede del mismo banco que abastece la tracción.

La Figura 6 presenta el mando aportado para el sistema y el vehículo con luminarias activadas. Las comprobaciones de esta etapa se centraron en encendido, accionamiento y respuesta visual de los dispositivos. El registro de instalación de la Figura 7 complementa la descripción del trabajo; se utiliza como evidencia del proceso, no como representación del acabado final del arnés.



a) b)

Figura 6. Sistema auxiliar: a) mando de iluminación y señalización; b) vista frontal con luminarias encendidas. Fotografías del proyecto.



Figura 7. Trabajos de integración eléctrica durante el desarrollo del prototipo. Fotografía del proceso de instalación.

2.6 Verificación y tratamiento de las mediciones

La verificación de propulsión comprendió la habilitación por llave, la respuesta al acelerador y la transferencia de movimiento hacia las ruedas, de acuerdo con las comprobaciones descritas en la memoria del proyecto. Se trató de una puesta en funcionamiento, sin un protocolo instrumentado de velocidad, distancia, pendiente o carga transportada.

La comprobación eléctrica complementaria se realizó con un multímetro digital. Se registró una tensión promedio de 12.74 V por batería. En la unidad que alimenta las luces se obtuvieron dos lecturas: 12.74 V con las luminarias apagadas y 12.34 V después de un breve funcionamiento, manteniéndolas encendidas durante la segunda medición. En ambas condiciones el sistema de propulsión permaneció energizado, sin accionamiento del motor.

La primera condición se denomina luces apagadas, sin equipararla a reposo electroquímico ni a ausencia total de consumo. No se registraron la duración exacta entre lecturas, la corriente demandada o una secuencia de repeticiones. El análisis fue descriptivo y comprendió la suma aproximada de tensiones del banco y el cambio absoluto y relativo de tensión de la batería de iluminación.

La Ecuación (1) expresa la estimación de tensión total VΣ a partir del número de unidades n y la media de sus tensiones. Este cálculo no sustituye una lectura directa entre los terminales extremos del banco.

$$V_{\Sigma} \approx n \times V_{media} = 5 \times 12.74\,V \quad (1)$$

En la Ecuación (2), V_0 corresponde a la lectura con luces apagadas y V_l a la lectura con luces encendidas. El cambio relativo de la Ecuación (3) se expresa respecto de V_0.

$$\Delta V = V_0 - V_L \quad (2)$$

$$\delta V = (\Delta V / V_0) \times 100 \quad (3)$$

3 Resultados y Discusión

3.1 Configuración y funcionamiento integrado

El resultado constructivo fue un buggy con propulsión eléctrica posterior, banco central de baterías, controlador y mandos de conducción, al que posteriormente se incorporaron iluminación y señalización. Las fotografías permiten reconocer la disposición del conjunto motriz y de las luminarias; las comprobaciones descritas en los PIS documentan habilitación, respuesta al acelerador y desplazamiento.

Las adaptaciones vincularon los componentes nuevos con elementos conservados del chasis. Los soportes posteriores permitieron alojar motor y transmisión, mientras que el compartimento central y el asiento proporcionaron sujeción y acceso al

banco. Las bases de los pedales y la modificación de la posición del volante atendieron las necesidades de accionamiento desde el puesto del conductor. Estos resultados se refieren a soluciones de montaje, cuya resistencia y comportamiento dinámico requieren una evaluación específica.

La configuración identificada corresponde a un motor marcado de 1800 W, controlador de 2000 W y cinco baterías en serie. La potencia del controlador y la del motor describen componentes con funciones distintas; su relación numérica no constituye una medición de eficiencia. Del mismo modo, el límite de 80 A de la etiqueta no representa una lectura de corriente del banco durante la conducción.

La identificación del cargador completa la descripción de la cadena de suministro de energía: una fuente de CA alimenta un equipo que declara salida de CC para el banco. El intervalo 60–74 V y la corriente de 5 A se presentan como especificaciones del cargador, no como valores registrados a lo largo de un ciclo de carga. Esta distinción mantiene separadas la caracterización de equipos y la evaluación de su comportamiento.

3.2 Respuesta eléctrica con iluminación

La Tabla 3 reúne las lecturas disponibles y los resultados derivados. El promedio de 12.74 V en cinco baterías conduce a una tensión total calculada de aproximadamente 63.70 V. El valor caracteriza la condición comunicada durante la comprobación y no debe confundirse con la tensión nominal del sistema. La conexión en serie permite sumar tensiones, pero no aporta por sí misma una capacidad verificada en amperios hora (Victron Energy, s. f.).

En la batería de iluminación, la tensión pasó de 12.74 V a 12.34 V, con una disminución de 0.40 V. El cambio relativo fue del 3.14 %. Ambas lecturas corresponden a los terminales de la misma batería y se obtuvieron con la propulsión energizada y el motor detenido. Por tanto, el resultado describe una respuesta de la fuente al comparar dos condiciones de alumbrado.

Tabla 3. Mediciones y cálculos de tensión

Variable	Valor	Origen
Baterías en serie	5	Configuración confirmada.
Tensión por unidad	12.74 V	Promedio de mediciones.
Tensión del banco	≈ 63.70 V	Suma calculada desde el promedio.
Luces apagadas	12.74 V	Batería del banco que alimenta luces.
Luces encendidas	12.34 V	Lectura en la misma batería.
Disminución	0.40 V	Diferencia entre lecturas.
Cambio relativo	3.14 %	Respecto de 12.74 V.

Fuente: elaboración propia a partir de los registros del proyecto.

La diferencia de 0.40 V no es una medición de la pérdida del ramal de iluminación. Para determinar esa pérdida se requieren puntos de medida en la fuente y en el receptor, incluidos alimentación y retorno, con el circuito cargado. HELLA (s. f.) destaca la influencia de las resistencias de contacto y de las conexiones de masa en el funcionamiento eléctrico. En este caso, las lecturas en terminales no permiten localizar pérdidas, calcular la resistencia del cableado o atribuir el cambio a una causa única.

3.3 Integración del banco y alimentación auxiliar

El principal aspecto susceptible de mejora es la derivación de iluminación desde una sola batería. Durante el uso de las luces, esa unidad suministra una carga adicional a la del resto de la cadena. Victron Energy (s. f.) desaconseja utilizar puntos intermedios de bancos en serie para obtener una alimentación de menor tensión, debido al desequilibrio que puede generarse. La configuración del buggy contiene ese mecanismo potencial, aunque la comprobación realizada no permite establecer un desequilibrio acumulado ni estimar su magnitud.

La incorporación de un convertidor DC/DC conectado al banco completo permitiría plantear una alimentación auxiliar sin concentrar la

extracción de energía en una unidad. Esta función de adaptación de tensión forma parte de la arquitectura general de los vehículos eléctricos (U.S. Department of Energy, s. f.). Su dimensionamiento debe considerar el intervalo de tensión del banco durante carga y descarga, la demanda simultánea de los dispositivos y la coordinación de protecciones. La selección del convertidor queda como desarrollo posterior, pues no se midió la corriente total de iluminación.

La revisión del sistema de carga también debe relacionarse con las baterías realmente instaladas. La etiqueta del cargador indica uso para plomo-ácido, pero no proporciona la ficha de la batería NOBLIFT ni acredita un régimen de carga específico para ese modelo. Además de la tensión total, interesa comprobar la evolución individual de las unidades, especialmente cuando una de ellas abastece consumos auxiliares. El control de esa distribución complementa la revisión de conexiones y la identificación de los límites eléctricos del conjunto.

El conector documentado constituye parte de la interfaz física del equipo. Su marcado 6A100V se registra como una característica visible, sin convertirlo en prueba de polaridad o de asignación funcional. La comprobación de estos puntos es necesaria para completar un plano de carga, junto con la identificación de conductores y protecciones. No se estimó un tiempo de recarga a partir de 5 A, porque faltan una capacidad específica verificada y el perfil efectivo de corriente durante el ciclo.

3.4 Discusión del aporte y alcance del estudio

La experiencia muestra una secuencia de integración en la que las adaptaciones mecánicas precedieron al conexionado de propulsión y, posteriormente, al desarrollo de la red de iluminación. A diferencia del diseño conjunto de chasis y sistema eléctrico presentado por Mihalić et al. (2023), el trabajo partió de una plataforma existente. Esa condición orientó las decisiones hacia alojamientos, fijaciones, accesibilidad y ubicación de mandos.

Bautista (2024) considera la geometría del bastidor, la distribución del peso y la compatibilidad con los componentes como partes relacionadas del diseño. En el buggy, los registros documentan las modificaciones físicas efectuadas para resolver el montaje, pero no una optimización estructural. No se determinaron propiedades de materiales, tensiones en las uniones ni casos de carga, de modo que no corresponde atribuir aumentos cuantificados de estabilidad o resistencia a las adaptaciones.

La comparación con Mateja (2023) sitúa el nivel de verificación alcanzado. Su estudio contrastó simulación y ensayos del sistema de alimentación; aquí se documentaron la construcción, las comprobaciones funcionales y una observación puntual de tensión. La contribución del caso se encuentra en la caracterización trazable de la configuración construida y en la identificación de aspectos concretos para su evaluación posterior.

El alcance de iluminación también debe mantenerse en ese nivel. SAE International (2025) describe en J575 ensayos y equipos de laboratorio para dispositivos de alumbrado. Las comprobaciones de encendido del prototipo no equivalen a una evaluación fotométrica ni a una declaración de conformidad vial. Para valorar el uso nocturno se requerirían mediciones del haz, visibilidad y deslumbramiento, además de revisar la instalación de cada dispositivo según la aplicación correspondiente.

Las limitaciones del estudio son el caso único, la ausencia de repeticiones de la prueba eléctrica y la falta de registros de corriente, temperatura y duración de carga. Tampoco se verificaron autonomía, velocidad, carga admisible o resistencia estructural. Las prestaciones comerciales atribuidas al proveedor se conservan como referencias externas, cuya transferencia al buggy depende de su masa, transmisión, estado del banco y condiciones de utilización.

En el ámbito institucional, el prototipo ofrece una plataforma para identificar componentes, interpretar conexiones y desarrollar prácticas de diagnóstico de propulsión y sistemas auxiliares. Esa aplicación didáctica constituye una posibilidad de uso, no un efecto educativo medido. El registro técnico organizado permite que los siguientes trabajos se concentren en instrumentación, alimentación auxiliar y mantenimiento del banco, sin perder la referencia de la configuración ya construida.

4 Conclusiones

Se integraron propulsión eléctrica, iluminación y señalización en un chasis de buggy recibido sin motor de combustión. Las adaptaciones del conjunto posterior, el alojamiento central de baterías y los mandos permitieron vincular los componentes eléctricos con la plataforma mecánica existente. Los registros de montaje y las comprobaciones funcionales documentan la puesta en funcionamiento del prototipo.

La caracterización identifica un motor marcado de 1800 W y 60/72 V, un controlador con potencia declarada de 2000 W, cinco baterías NOBLIFT 6-EVF-46.8 en serie y un cargador 60V5A con salida declarada de 60–74 V CC, 5 A. La tensión promedio medida de 12.74 V por unidad conduce a 63.70 V calculados para el banco, sin establecer su capacidad energética.

Con la propulsión energizada y el motor detenido, la batería que alimenta las luces presentó una disminución de 12.74 V a 12.34 V al comparar las condiciones de iluminación. La diferencia de 0.40 V, equivalente al 3.14 %, constituye una observación de tensión en la fuente y no una medición de pérdidas del cableado.

La derivación auxiliar desde una sola batería justifica evaluar una alimentación DC/DC y el seguimiento individual del banco. El trabajo aporta una descripción técnica de la solución implementada y delimita su nivel de verificación; las prestaciones dinámicas, la duración de carga y la conformidad de seguridad requieren estudios complementarios.

Agradecimientos

A los estudiantes y docentes que participaron en las dos etapas de los Proyectos Integradores de Saberes de la carrera de Mecánica Automotriz, y al Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla por facilitar los espacios de trabajo para el desarrollo del prototipo.

Referencias

Bautista, M. (2024). Análisis de las características técnicas para el diseño del bastidor de un go kart eléctrico. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6*(2). https://doi.org/10.70998/itistct.v6i2.170

HELLA. (s. f.). *Earth (31) – troubleshooting*. https://www.hella.com/techworld/en/ti/earth-31-troubleshooting/

Eaton. (s. f.). What is an open differential? https://www.eaton.com/gb/en-gb/products/differentials-traction-control/open-differential.html

Mateja, K. (2023). The method of developing the power supply system for electric rental go-kart. *Technical Sciences, 26*, 45–56. https://doi.org/10.31648/ts.8443

Mihalić, T., Hoster, J., Tudić, V., & Kralj, T. (2023). Concept design and development of an electric go-kart chassis for undergraduate education in vehicle dynamics and stress applications. *Applied Sciences, 13*(20), Article 11312. https://doi.org/10.3390/app132011312

SAE International. (2025). *Test methods and equipment for lighting devices for use on vehicles less than 2032 mm in overall width* (SAE J575_202505). https://doi.org/10.4271/J575_202505

U.S. Department of Energy. (s. f.). *How do all-electric cars work?* Alternative Fuels Data Center. https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work

Victron Energy. (s. f.). Battery bank wiring. En *Wiring Unlimited*. https://www.victronenergy.com/media/pg/The_Wiring_Unlimited_book/en/battery-bank-wiring.html

Biografías

Aguirre Páez, Diego Alexander. Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, Magíster en Gestión Educativa. Director de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, Cayambe, Ecuador. Desarrolla actividades de docencia, dirección de carrera y seguimiento de proyectos integradores de saberes en el ámbito automotriz.

Guante traductor de señas

Escobar Cacuango, Franklin Javier[1]; Pilca Escobar, Yomaira Catalina[2]; Pilco Cuascota, Jordán Isaac[3]

[1]Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0003-9082-8708, Cayambe, Ecuador
[2]Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0003-8152-6329, Cayambe, Ecuador
[3]Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0005-2813-8196, Cayambe, Ecuador

Recibido: 2026/09/19 Aceptado: 2026/10/16

Resumen: Se analizó la repotenciación de un guante con sensores para reconocer configuraciones estáticas del alfabeto dactilológico. El trabajo sistematiza dos proyectos integradores de saberes de la carrera de Mecatrónica. La primera etapa construyó un prototipo con Arduino Nano y sensores de flexión. La segunda utilizó un ESP32 para adquirir las señales de los sensores e integró comunicación Bluetooth con una interfaz desarrollada en Python y Flet. Se recalcularon las tasas de reconocimiento a partir de los conteos del informe de la segunda etapa. El prototipo con ESP32 registró 21 aciertos en 28 intentos, equivalentes al 75.0 % global. Las tasas fueron 80.0 % para A, 60.0 % para B y 87.5 % para C. El informe también documentó la visualización inalámbrica de los caracteres. El desempeño observado justifica revisar la calibración, especialmente para la letra B, y realizar ensayos comparables antes de estimar una mejora de exactitud respecto de la primera versión.

Palabras clave: guante traductor; lenguaje de señas; microcontroladores; reconocimiento de gestos.

Sign Language Translation Glove

Abstract: The upgrade of a sensor-equipped glove for recognizing static fingerspelling alphabet handshapes was analyzed. This work systematizes two integrative knowledge projects from the Mechatronics program. In the first stage, a prototype was built using an Arduino Nano and flex sensors. In the second stage, an ESP32 was used to acquire the sensor signals, and Bluetooth communication was integrated with an interface developed in Python and Flet. Recognition rates were recalculated from the counts reported in the second-stage report. The ESP32 prototype correctly recognized 21 out of 28 attempts, corresponding to an overall rate of 75.0%. Recognition rates were 80.0% for A, 60.0% for B, and 87.5% for C. The report also documented the wireless display of the characters. The observed performance warrants reviewing the calibration, especially for the letter B, and conducting comparable trials before estimating any improvement in accuracy over the first version.

Keywords: translator glove; sign language; microcontrollers; gesture recognition.

1. Introducción

El lenguaje de señas permite la comunicación de la población que tiene deficiencias de comunicación oral, la interpretación mediante gestos permite representar letras mediante configuraciones de la mano. EL reconocimiento de gestos constituye una tarea delimitada dentro de la investigación sobre tecnologías de asistencia. Los sistemas de visión estiman la postura a partir de imágenes, mientras que un guante con sensores obtiene señales directamente de los dedos. La elección del método determina qué información puede medirse y cuáles son las fuentes de error (Amin et al., 2022).

El uso de sensores en la prenda admite distintas soluciones. Korzeniewska et al. (2022) integraron elementos sensibles en un guante textil para la lengua de señas polaca. Amin et al. (2023) estudiaron posturas aisladas del alfabeto de la lengua de señas estadounidense con una red neuronal. Piskozub y Strumiłło (2025) estudiaron la relación entre el número de sensores y el reconocimiento del alfabeto polaco. Estos antecedentes ayudan a formular el problema del prototipo institucional: determinar qué configuraciones se pueden distinguir con las señales disponibles.

La primera etapa institucional construyó el prototipo de un guante con Arduino Nano, sensores de flexión y un diseño de comunicación mediante un módulo HC-05. Mediante el equipo se configuró la asignación de letras a las lecturas de los sensores y señaló que la claridad de los movimientos condicionaba el reconocimiento. El segundo proyecto incorporó un ESP32 y una interfaz Flet para visualizar por Bluetooth los caracteres reconocidos (Cabascango Inlago et al., 2026; Espinoza Maigua et al., 2024).

El objetivo de este artículo es documentar el cambio de arquitectura y analizar el desempeño preliminar del prototipo con ESP32 en las letras A, B y C a partir de los registros institucionales. El alcance comprende la adquisición de señales de flexión, la visualización de caracteres y el análisis descriptivo de los aciertos documentados.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño y fuentes

Se realizó una sistematización técnica con análisis descriptivo retrospectivo de dos proyectos integradores de saberes de la carrera de Tecnología Superior en Mecatrónica, desarrollados en Cayambe, Ecuador. Se extrajo de cada informe la información sobre plataforma, sensores, comunicación e interfaz. Del informe de la segunda etapa se recuperaron también los intentos y aciertos

por letra. La Figura 1 resume la evolución documentada.

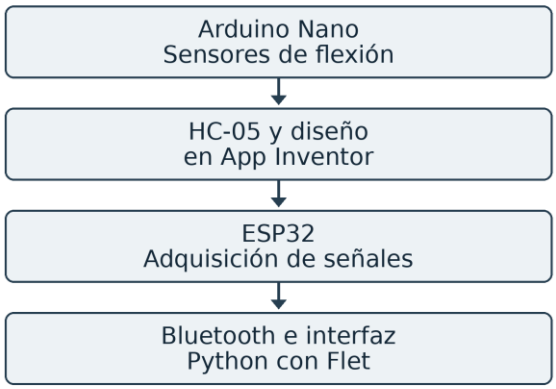


Figura 1. Evolución del prototipo institucional.

La primera fuente, correspondiente a 2024, permitió identificar el diseño inicial y sus limitaciones funcionales. La segunda, fechada en marzo de 2026, documentó la repotenciación y aportó los conteos de reconocimiento. La Tabla 1 presenta el alcance de los dos informes. El análisis conserva la atribución de las pruebas a los equipos que las documentaron.

Tabla 1. Componentes documentados por etapa.

Componente	Etapa inicial	Repotenciación
Plataforma	Arduino Nano	ESP32
Captura	Sensores de flexión	Sensores de flexión
Enlace	Módulo HC-05 descrito	Bluetooth reportado
Interfaz	Diseño en App Inventor	Python y Flet
Ensayos	Observaciones funcionales	Conteos para A, B y C

Nota. Síntesis de Espinoza Maigua et al. (2024, pp. 30–36) y Cabascango Inlago et al. (2026, pp. 22–27).

2.2.Captura y representación de la postura

El guante emplea sensores resistivos de flexión colocados sobre los dedos. El cambio de resistencia asociado a la postura se representa como una variación de voltaje en el circuito de acondicionamiento. El ESP32 adquiere las lecturas y estas se interpretan según los rangos asociados a los caracteres. El flujo funcional, desde la flexión hasta la visualización, se representa en la Figura 2.

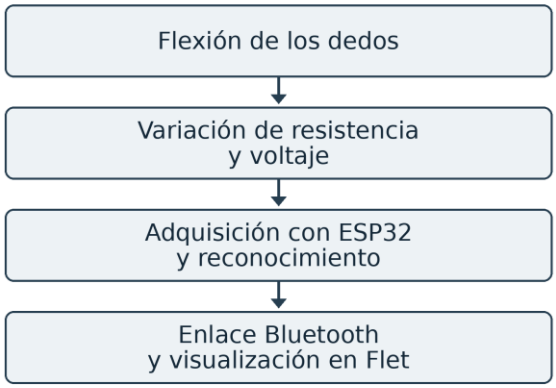


Figura 2. Flujo de adquisición y visualización.

La posición de cada sensor sobre el guante y el ajuste a la mano influyen en el rango observado. Los informes permiten reconstruir la arquitectura general. Para replicar exactamente el ensayo se necesitan la revisión de la placa, el esquema eléctrico, los valores de las resistencias, los umbrales por dedo, la frecuencia de muestreo y la versión del firmware empleada.

2.3.Comunicación e interfaz

El proyecto de repotenciación documentó una interfaz desarrollada en Python mediante Flet, con un área para la imagen de la seña y un campo de

alto contraste para el carácter reconocido. La prueba de integración comprobó la visualización de caracteres mediante Bluetooth. El informe no identifica con precisión la variante del protocolo, el dispositivo receptor ni el procedimiento de medición de latencia. Por ello, el análisis de comunicación se limita a la evidencia de funcionamiento reportada (Cabascango Inlago et al., 2026, pp. 24–26).

La Figura 3 conserva la evidencia gráfica de la interfaz incluida en el informe. La captura muestra el carácter A y su representación gráfica en la pantalla. La Figura 4 documenta el guante y el montaje de prueba durante la ejecución del proyecto.

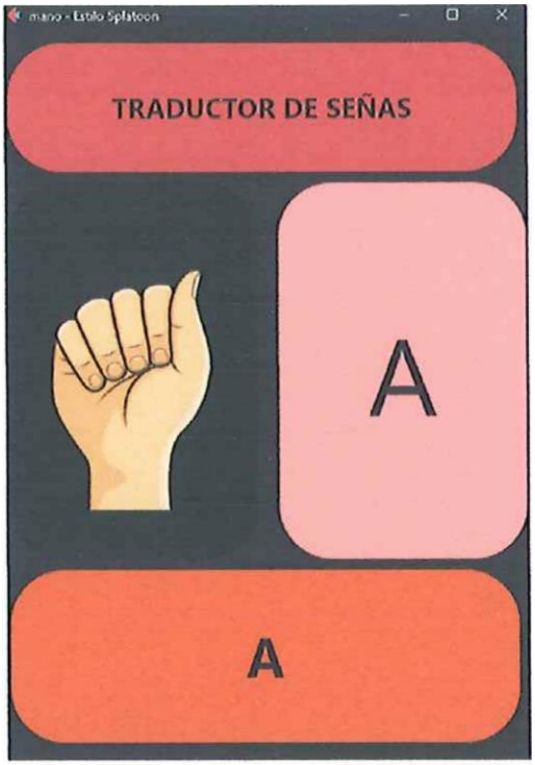


Figura 3. Visualización del carácter A en la interfaz Flet. Fuente: Cabascango Inlago et al. (2026, p. 25).

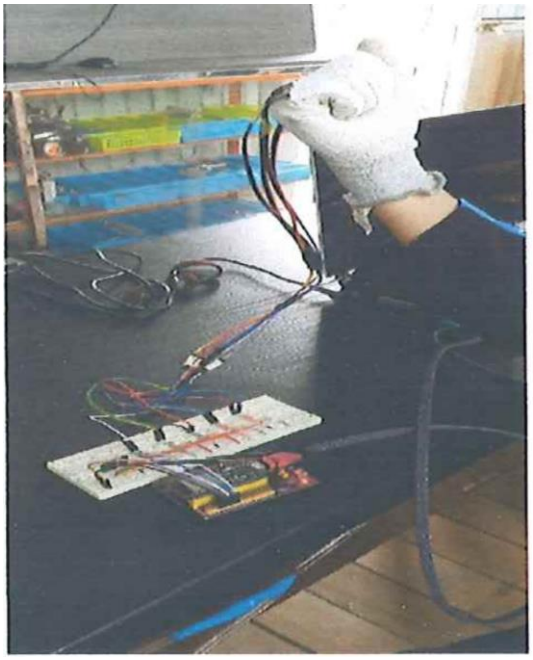


Figura 4. Montaje del guante durante una prueba funcional. Fuente: Cabascango Inlago et al. (2026, p. 26).

2.4.Procesamiento de los resultados

La unidad de análisis fue el intento de reconocimiento. Para cada letra se conservaron los intentos y aciertos registrados en la tabla del proyecto. Los errores se obtuvieron por diferencia. La tasa por letra se calculó como el cociente de aciertos e intentos, expresado como porcentaje. Para la tasa global se sumaron primero los aciertos y los intentos de las tres letras. También se calculó el promedio simple de las tasas por letra para interpretar la cifra publicada en el informe.

Los documentos aportan conteos agregados. Carecen de una matriz de confusión y de

información suficiente para establecer el número de participantes, la independencia de los intentos o la distribución de las pruebas por persona. El análisis se mantuvo en el plano descriptivo. La primera etapa carece de conteos equivalentes para una comparación de exactitud entre placas.

3. Resultados y discusión

3.1. Pruebas de reconocimiento

El prototipo con ESP32 registró 21 aciertos en 28 intentos, lo que representa una tasa global de 75.0 %. La Tabla 2 muestra los resultados por letra. La C alcanzó la mayor proporción de aciertos y la B concentró cuatro de los siete errores observados.

Tabla 2. Reconocimiento documentado con ESP32.

Letra	Intentos	Aciertos	Errores	Acierto
A	10	8	2	80.0 %
B	10	6	4	60.0 %
C	8	7	1	87.5 %
Total	28	21	7	75.0 %

Nota. Cálculos a partir de Cabascango Inlago et al. (2026, pp. 26–27).

La tabla del informe original consignó 70 % para la letra C. Los conteos registrados, siete aciertos en ocho intentos, corresponden a 87.5 %, valor que coincide con la interpretación del propio informe. El promedio simple de las tres tasas es 75.8 % al redondear a un decimal. La tasa global de 75.0 % pondera las letras por el número de intentos.

3.2. Integración inalámbrica

El informe de 2026 documentó el envío por Bluetooth y la visualización de caracteres en Flet. En la primera arquitectura, el diseño asignaba la comunicación a un módulo HC-05 externo. La segunda reunió la adquisición y el enlace inalámbrico en torno al ESP32. Esta integración es el cambio técnico que puede sostenerse con los documentos institucionales. La latencia y la estabilidad requerirían registros temporales y condiciones de prueba reproducibles para tratarlas como indicadores de desempeño.

3.3. Interpretación y relación con estudios previos

La diferencia entre A, B y C muestra que la capacidad de reconocimiento dependió de la configuración evaluada. El informe asoció los fallos con variaciones en la tensión del guante y con la sensibilidad a cambios pequeños de postura. Estas observaciones orientan la revisión de los rangos de decisión. Los registros agregados disponibles impiden identificar qué letra devolvió el sistema cuando cometió un error.

Los resultados de guantes para alfabetos de otras lenguas ofrecen antecedentes metodológicos. Amin et al. (2023) utilizaron un conjunto de posturas aisladas para entrenar una red neuronal. Piskozub y Strumiłło (2025) evaluaron un conjunto reducido de sensores con varios participantes. El presente análisis se concentra en la prueba funcional de tres letras. Las diferencias de alfabeto, número de

participantes, sensores y protocolo impiden comparar directamente los porcentajes.

Cuando dos posturas generan lecturas de flexión similares, la orientación de la mano, la separación entre dedos o el contacto pueden aportar información adicional. Ji et al. (2023) estudiaron un guante con sensores inerciales, mientras que Lu et al. (2023) combinaron sensores de flexión con visión artificial. Para el prototipo institucional, primero conviene determinar qué errores persisten tras calibrar el guante y registrar las confusiones por letra. Esos registros permitirían decidir qué mediciones adicionales aportan información para el reconocimiento.

3.4.Alcance de la evidencia

La evidencia institucional corresponde a una demostración funcional con un conjunto reducido de configuraciones. La cifra global describe los 28 intentos documentados. La generalización a nuevos usuarios, a todas las letras o a señas dinámicas requiere nuevos datos. Una comparación entre versiones necesitaría el mismo repertorio de letras, condiciones de calibración equivalentes y un registro por intento. Para evaluar el enlace inalámbrico, el protocolo también debería identificar el dispositivo receptor, la distancia y los instantes de emisión y recepción.

3.5.Variables para una prueba comparativa

La Tabla 3 relaciona cada pregunta de evaluación con el registro necesario para responderla. Estos elementos se proponen para futuros ensayos. Su incorporación permitiría distinguir un fallo del sensor, una clasificación incorrecta y un problema de comunicación, tres eventos que en el conteo agregado pueden quedar registrados como el mismo error.

Tabla 3. Registros para una evaluación comparativa.

Pregunta	Registro propuesto
¿La flexión se midió de manera estable?	Lecturas por dedo antes y después de la calibración.
¿Qué letra se confundió?	Letra solicitada y carácter emitido en cada intento.
¿El carácter llegó a la interfaz?	Marca temporal de emisión y recepción, y estado de la conexión.
¿Cambió el resultado entre placas?	Mismo guante, repertorio, condiciones y número de intentos por letra.

Una comparación que pretenda aislar el efecto de la placa debe conservar los demás componentes y aplicar el mismo criterio de acierto. Si cambian a la vez el guante, el clasificador o la calibración, la comparación describe el desempeño de dos sistemas completos. La Figura 5 muestra los puntos del flujo en los que se propone registrar evidencia.

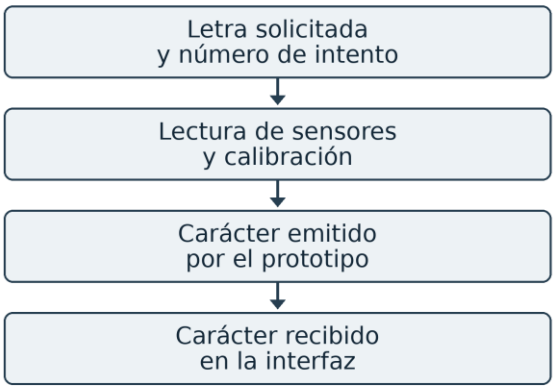


Figura 5. Puntos de registro propuestos para una prueba comparativa.

4. Conclusiones

La reconstrucción de los dos proyectos muestra la evolución de un guante con Arduino Nano hacia una versión con ESP32, sensores de flexión y visualización inalámbrica de caracteres mediante una interfaz Python con Flet. La repotenciación quedó documentada en la arquitectura y en la prueba de integración Bluetooth.

El prototipo con ESP32 obtuvo 21 aciertos de 28 intentos en las letras A, B y C. La letra B presentó el menor porcentaje y constituye el primer caso para revisar los umbrales de decisión. La siguiente evaluación debería registrar cada intento y su carácter de salida, ampliar el repertorio y aplicar un protocolo común a ambas versiones si se busca estimar una mejora en reconocimiento.

Referencias

Amin, M. S., Rizvi, S. T. H., & Hossain, M. M. (2022). A comparative review on applications of different sensors for sign language recognition. *Journal of Imaging, 8*(4), Article 98. https://doi.org/10.3390/jimaging8040098

Amin, M. S., Rizvi, S. T. H., Mazzei, A., & Anselma, L. (2023). Assistive data glove for isolated static postures recognition in American Sign Language using neural network. *Electronics, 12*(8), Article 1904. https://doi.org/10.3390/electronics12081904

Cabascango Inlago, L. X., Chasi Jacome, E. P., Sánchez Adriano, S. D., & Torres Yayes, C. O. (2026). *Guante traductor de señas* [Proyecto integrador de saberes no publicado]. Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla".

Espinoza Maigua, Ñ. S., Montalvo Taya, L. A., Pinsag Díaz, K. M., & Proaño Vargas, S. A. (2024). *Traductor de lenguaje de señas basado en Arduino* [Proyecto integrador de saberes no publicado]. Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla".

Ji, A., Wang, Y., Miao, X., Fan, T., Ru, B., Liu, L., Nie, R., & Qiu, S. (2023). Dataglove for sign language recognition of people with hearing and speech impairment via wearable inertial sensors. *Sensors, 23*(15), Article 6693. https://doi.org/10.3390/s23156693

Korzeniewska, E., Kania, M., & Zawiślak, R. (2022). Textronic glove translating Polish Sign Language. *Sensors, 22*(18), Article 6788. https://doi.org/10.3390/s22186788

Lu, C., Kozakai, M., & Jing, L. (2023). Sign language recognition with multimodal sensors and deep learning methods. *Electronics, 12*(23), Article 4827. https://doi.org/10.3390/electronics12234827

Piskozub, J., & Strumiłło, P. (2025). A sensory glove with a limited number of sensors for recognition of the finger alphabet of Polish Sign Language. *IEEE Access, 13*, 28408–28418. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3540578

BIOGRAFÍAS

- Escobar Cacuango, Franklin Javier, Ingeniero en Mecatrónica y docente de la carrera de Tecnología Superior en Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior Nikola Tesla, su actividad académica y profesional se relaciona con automatización, control, microcontroladores y aplicación de tecnologías digitales y productivas.
- Pilca Escobar, Yomaira Catalina, estudiante de segundo nivel de la carrera de Tecnología Superior en Mecatrónica del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. Participó en el desarrollo del prototipo de guante instrumentado para el reconocimiento de señas estáticas.
- Pilco Cuascota, Jordán Isaac, estudiante de segundo nivel de la carrera de Tecnología Superior en Mecatrónica del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. Contribuyó al desarrollo del prototipo de guante instrumentado para el reconocimiento de señas estáticas.

Diseño e implementación de un seguidor solar de dos ejes basado en ESP32 para la optimización de captación energética

Solís González, Byron Steve[1]; Pujota Puga, Darwin Efraín[2]

1 Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0006-7723-726X, Cayambe, Ecuador
2 Instituto Superior Tecnológico "Nikola Tesla", 0009-0007-3377-9494, Cayambe, Ecuador

Recibido: 2026/09/19 Aceptado: 2026/10/16

Resumen: Este artículo presenta el diseño e implementación de un prototipo de seguidor solar de dos ejes basado en un microcontrolador ESP32, desarrollado en el Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. El objetivo fue implementar y evaluar funcionalmente un sistema de seguimiento mediante cuatro fotorresistencias (LDR) y dos servomotores, así como comparar el voltaje de salida del módulo fotovoltaico bajo iluminación artificial. La metodología comprendió el diseño de una estructura de acrílico cortada por láser, el desarrollo de una placa de circuito impreso (PCB) mediante EAGLE y la programación de una lógica de control con umbral de histéresis. Los indicadores obtenidos corresponden exclusivamente a las mediciones de voltaje bajo las condiciones ensayadas y no demuestra un incremento equivalente de potencia o energía diaria. Se identificaron limitaciones relacionadas con las oscilaciones de las LDR y la ausencia de pruebas prolongadas bajo radiación solar natural. Se concluye que el prototipo permite validar preliminarmente la respuesta funcional del seguimiento, mientras que su desempeño energético neto requiere mediciones adicionales de corriente, irradiancia y consumo del mecanismo.

Palabras clave: *Energía solar fotovoltaica; seguidor solar de dos ejes; ESP32; fotorresistencias LDR; evaluación experimental.*

Design and Implementation of a Two-Axis Solar Tracker Based on ESP32 for the Optimization of Energy Harvesting

Abstract: This article presents the design and implementation of a two-axis solar tracker prototype based on an ESP32 microcontroller, developed at the Nikola Tesla Higher Technological Institute in Cayambe, Ecuador. The objective was to implement and functionally evaluate a tracking system using four light-dependent resistors (LDRs) and two servo motors, as well as to compare the output voltage of the photovoltaic module under artificial lighting conditions. The methodology involved designing a laser-cut acrylic structure, developing a printed circuit board (PCB) using EAGLE software, and programming a control logic based on a hysteresis threshold. The indicators obtained correspond exclusively to voltage measurements under the tested conditions and do not demonstrate an equivalent increase in power or daily energy yield. Limitations were identified regarding LDR fluctuations and the lack of extended testing under natural solar radiation. It is concluded that the prototype enables preliminary validation of the functional response of the tracking system, while its net energy performance requires further measurements of current, irradiance, and mechanism power consumption.

Keywords: Solar photovoltaic energy; two-axis solar tracker; ESP32; LDR photoresistors; experimental evaluation.

1. Introducción

La energía solar fotovoltaica constituye una alternativa renovable para la generación de electricidad. El desempeño de un módulo fotovoltaico depende, entre otros factores, de la irradiancia recibida, la temperatura de operación y la orientación de su superficie respecto de la dirección de la radiación solar (Salazar-Peralta et al., 2016; Ponce-Jara et al., 2022). Cuando la radiación directa incide con un ángulo respecto de la normal del módulo, disminuye la componente proyectada sobre su superficie. Por ello, una instalación fija puede experimentar variaciones de captación a lo largo del día, mientras que un seguidor modifica la orientación del módulo para mantener una alineación más favorable con la fuente luminosa.

En este artículo, el ángulo de desviación se define como el ángulo entre la dirección de la fuente luminosa y la normal a la superficie del panel en la posición fija de referencia. Bajo esta convención, 0° corresponde a una incidencia perpendicular a la superficie. Los sistemas de seguimiento pueden emplear uno o dos ejes y diferentes estrategias de accionamiento y control; la selección depende de los objetivos de generación, las condiciones del emplazamiento, la complejidad mecánica y el costo del sistema (Seme et al., 2020; Sadeghi et al., 2025).

1.1. Antecedentes

El seguimiento activo de dos ejes mediante sensores de luz y servomotores ha sido estudiado en diferentes configuraciones. El Hammoumi et al. (2018) desarrollaron un seguidor de bajo costo con dos servomotores y cuatro sensores LDR ubicados alrededor del módulo fotovoltaico; su evaluación experimental reportó una mayor energía producida frente a un panel fijo en las condiciones específicas de su ensayo. Este antecedente es especialmente pertinente por la similitud de su arquitectura de sensado y actuación con la del prototipo aquí presentado. Sin embargo, sus resultados no pueden trasladarse directamente a este trabajo porque dependen de las condiciones de ensayo y de las variables eléctricas medidas.

En el contexto ecuatoriano, Ponce-Jara et al. (2022) compararon un sistema fotovoltaico fijo con uno de seguimiento de dos ejes en Manta. Su sistema de adquisición registró radiación solar, iluminancia, temperatura, corriente de cortocircuito y voltaje de circuito abierto a intervalos de un minuto, y los autores reportaron una producción energética media 19,62 % mayor para el sistema de dos ejes. Ese estudio evidencia la importancia de registrar simultáneamente variables ambientales y eléctricas para comparar la energía generada, no solo el voltaje. Las revisiones de Seme et al. (2020) y Sadeghi et al. (2025) muestran, además, que el desempeño de los seguidores depende del tipo de mecanismo, la estrategia de control, la ubicación y el análisis técnico-económico.

1.2. Problema y brecha de investigación

El problema abordado es la variación de la orientación relativa entre un módulo fotovoltaico fijo y una fuente luminosa móvil. Aunque existen soluciones de seguimiento de uno y dos ejes, la arquitectura de cuatro LDR, microcontrolador y servomotores también ha sido previamente investigada; por tanto, la sola integración de estos componentes no constituye por sí misma una novedad científica. La contribución de este trabajo se delimita al diseño y construcción de un prototipo académico de dos ejes con ESP32, así como a la descripción de su respuesta electromecánica y a la comparación preliminar del voltaje medido bajo iluminación artificial. La evaluación disponible no permite establecer todavía una ganancia energética diaria ni una ventaja económica para aplicaciones reales. Para contextualizar el recurso solar de un emplazamiento específico, deben consultarse datos locales de insolación; el Atlas Solar del Ecuador presenta mapas mensuales de insolación directa, global y difusa (CONELEC, 2008).

1.3. Objetivo y contribución

El objetivo de este trabajo fue diseñar e implementar un prototipo de seguidor solar de dos ejes basado en ESP32 y evaluar su respuesta funcional ante variaciones controladas de una fuente de luz artificial. Como evaluación eléctrica preliminar, se compararon los voltajes reportados para la configuración fija y la configuración con seguimiento en cuatro condiciones angulares. La determinación de potencia, energía generada, consumo propio y balance energético neto se considera una etapa posterior que requiere instrumentación y pruebas adicionales.

2. Materiales y métodos

Se desarrolló un prototipo físico en las instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. La validación funcional se realizó en un entorno controlado con una fuente de luz artificial direccional. Este procedimiento permitió observar la respuesta del sistema ante cambios de posición e intensidad de la fuente sin atribuir a los ensayos condiciones meteorológicas reales.

2.1. Diseño de hardware y selección de componentes

La unidad de control se basa en un microcontrolador de la familia ESP32, que integra convertidores analógico-digitales (ADC) de 12 bits. Esta resolución permite representar la señal analógica en 4096 niveles de cuantización, con códigos digitales de 0 a 4095. La resolución no equivale por sí sola a exactitud de medición, por lo que la lectura requiere considerar la atenuación configurada, la calibración y el ruido del circuito (Espressif Systems, 2023). El modelo exacto de la placa ESP32 utilizada debe especificarse para facilitar la reproducibilidad

El sistema de detección está formado por cuatro fotorresistencias LDR dispuestas en cruz. Cada sensor se conecta mediante un divisor de tensión, de modo que el ESP32 procesa las variaciones de las señales analógicas asociadas a la iluminación recibida. Para completar la descripción electrónica deben indicarse la referencia de las LDR, el valor de las resistencias de los divisores, los pines ADC utilizados y el procedimiento de calibración.
El panel utilizado se identifica como un módulo monocristalino de 30 W; faltan sus datos de fabricante, modelo y parámetros eléctricos nominales

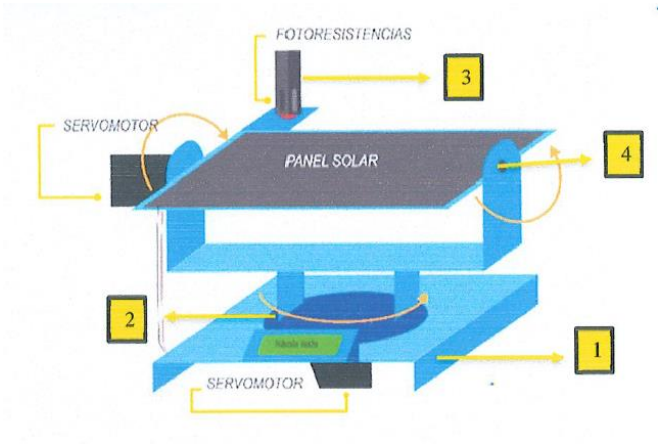


Figura 1. Diagrama estructural y componentes del seguidor solar de dos ejes

El esquema ilustra la base giratoria (1), el sistema de elevación accionado por un servomotor (2), el soporte del arreglo de fotorresistencias LDR (3) y el eje transversal utilizado para orientar el panel fotovoltaico (4).

La actuación mecánica se realiza mediante dos servomotores destinados a los ejes de azimut y elevación. El documento del proyecto reporta un torque de 20 kg·cm y una señal de control PWM de 50 Hz; antes de la publicación debe verificarse la unidad de torque con la ficha técnica del fabricante e incorporar la identificación de los actuadores, su tensión y corriente nominales y su rango angular.

La estructura de soporte se fabricó en acrílico mediante corte láser. La suficiencia mecánica del conjunto debe evaluarse en función de la masa del panel, la posición de su centro de gravedad, el brazo de palanca y las cargas ambientales; por ello, no se afirma que el diseño esté validado frente a cargas de viento.



Figura 2. Prototipo funcional del seguidor solar de dos ejes

2.2. Lógica de control electromecánico

El algoritmo fue estructurado para calcular promedios sectoriales continuos de luz (superior, inferior, izquierdo y derecho). El sistema compara constantemente estos valores y, mediante bucles de decisión, determina el diferencial lumínico. Para optimizar el consumo de las baterías de litio y evitar movimientos erráticos provocados por fluctuaciones mínimas, se programó un umbral de histéresis. Si la diferencia de luz entre sectores no supera este margen de tolerancia, los actuadores permanecen estáticos.

2.3. Diseño Experimental

El experimento consistió en someter el arreglo de LDR a tres condiciones de perturbación controlada: variaciones en la distancia de la fuente de luz, desplazamiento lateral progresivo (simulando azimut y elevación) y cambios en la intensidad lumínica. Las mediciones se enfocaron en registrar la variación del voltaje de salida del panel en función de su ángulo de incidencia, contrastando el desempeño dinámico frente a una posición estática.

3. Resultados y discusión

La evaluación se organizó en dos aspectos: la respuesta funcional del mecanismo de seguimiento y la comparación del voltaje de salida del módulo bajo las condiciones de iluminación artificial descritas. Los resultados cuantitativos que siguen se limitan a los valores consignados en el registro presentado en la versión recibida del manuscrito.

3.1. Respuesta funcional electromecánica

Las pruebas iniciales se enfocaron en el comportamiento del *tracker* en un entorno controlado con luz artificial. Se evaluó la capacidad del sistema ante variaciones en la distancia de la fuente, desplazamiento lateral y cambios de intensidad lumínica. El dispositivo ajustó la orientación de forma continua con éxito, validando la lógica del algoritmo.

3.2. Comparación de voltaje bajo iluminación artificial

Una vez validado el movimiento, se comprobó la generación eléctrica real. Como se mencionó, el sistema dinámico incrementó la captación de energía en un promedio bruto del 20 % respecto a un sistema estático.

Tabla 1. Análisis comparativo de generación de voltaje ante variaciones angulares de luz artificial

Ángulo de incidencia simulado (Fuente de luz)	Voltaje Panel Estático (V)	Voltaje Seguidor Solar (V)	Incremento de Eficiencia (%)
0°	18.0	18.0	0.0%
15°	16.5	17.8	+7.8%
30°	14.0	17.5	+ 25.0 %
45°	11.5	16.5	+43.4%
Promedio de las mediciones	15.0V	17.45V	+ 19.05 % (~ 20 %)

Como se evidencia en la Tabla 1, cuando la fuente de luz se posiciona de forma perpendicular (0°), la diferencia de captación es nula, ya que el panel fijo se encuentra en su posición más favorable. Sin embargo, a medida que el ángulo de incidencia aumenta (simulando el movimiento del sol hacia el atardecer o la mañana), el seguidor solar compensa drásticamente la caída de captación lumínica al rotar sobre su eje, alcanzando picos de mejora superiores al 40 % en ángulos pronunciados. Extrapolando estos resultados a un ciclo solar completo, el sistema dinámico incrementa la captación de energía en un 20 % en promedio respecto a un sistema estático.

El voltaje por sí solo no permite determinar la potencia eléctrica, que requiere conocer simultáneamente la corriente ($P = V \times I$), ni la energía generada, que requiere integrar la potencia respecto del tiempo. Tampoco se presentan mediciones del consumo del ESP32 y de los servomotores. En consecuencia, con los datos disponibles no es posible afirmar que el balance energético neto sea positivo ni establecer la viabilidad económica del prototipo. Las oscilaciones observadas ante determinadas condiciones de iluminación podrían estar relacionadas con la sensibilidad de las LDR, diferencias entre sensores o parámetros de histéresis; estas causas requieren comprobarse mediante ensayos específicos.

4.Conclusiones

Funcionamiento del prototipo. Se diseñó y construyó un seguidor solar de dos ejes que integra un ESP32, cuatro sensores LDR y dos servomotores. En las pruebas con luz artificial, el sistema respondió a variaciones de la fuente luminosa y modificó la orientación del módulo.

Comparación de voltaje. En las cuatro condiciones angulares presentadas, el voltaje medido con seguimiento fue igual al de la configuración fija a 0° y superior en las condiciones de 15°, 30° y 45°. La media aritmética de las variaciones relativas por ángulo fue de 19,1 %. Este resultado se limita al voltaje observado bajo iluminación artificial y no demuestra por sí solo un incremento equivalente de potencia o energía fotovoltaica.

Alcance de la evaluación. La evidencia presentada permite una validación funcional preliminar del prototipo, pero no permite confirmar un balance energético neto, una reducción del consumo eléctrico de una instalación, la viabilidad económica ni la escalabilidad del diseño. Para sostener esas afirmaciones se requieren mediciones de corriente, irradiancia, energía generada, consumo del mecanismo y costos de implementación.

Aplicabilidad futura. El prototipo constituye una base para continuar el desarrollo de sistemas de seguimiento de pequeña escala. Su aplicación en exteriores o en módulos de mayor potencia requiere pruebas de campo y nuevos análisis eléctricos, mecánicos y estructurales.

5. Limitaciones y trabajo futuro

La principal limitación de la evaluación presentada es el uso de una fuente de luz artificial y la disponibilidad de datos de voltaje para cuatro condiciones angulares. No se incluyen registros de corriente, irradiancia, temperatura del módulo, duración de las pruebas, energía generada ni consumo eléctrico del sistema de seguimiento. Tampoco se presenta un análisis de costos. Por estas razones, los resultados no deben interpretarse como una demostración del aumento de energía diaria ni de la rentabilidad del mecanismo.

Como trabajo futuro, se recomienda realizar pruebas a la intemperie durante varios días, comparando un panel fijo y otro con seguimiento bajo condiciones equivalentes y, de ser posible, mediante medición simultánea. Deben registrarse irradiancia, temperatura, voltaje y corriente a intervalos definidos; calcular la potencia instantánea mediante $P = V \times I$ e integrar esos valores en el tiempo para obtener energía (Wh). También debe medirse por separado el consumo del ESP32 y de los servomotores, a fin de determinar la ganancia energética neta.

Para mejorar la reproducibilidad, se recomienda calibrar las cuatro LDR, documentar el umbral de histéresis y el intervalo de muestreo, cuantificar el error angular y el tiempo de respuesta mediante instrumentos identificados y realizar ensayos repetidos. En el diseño mecánico deberán evaluarse la rigidez del soporte, el torque requerido y la protección del sistema frente a lluvia, polvo y viento. Un análisis económico solo debería incorporarse cuando se disponga de costos de fabricación, operación y mantenimiento, junto con datos energéticos medidos.

Referencias

CONELEC. (2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. Consejo Nacional de Electricidad. http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf

El Hammoumi, A., Motahhir, S., El Ghzizal, A., Chalh, A., & Derouich, A. (2018). A simple and low-cost active dual-axis solar tracker. Energy Science & Engineering, 6(5), 607–620. https://doi.org/10.1002/ese3.236

Espressif Systems. (2023). ESP32 series datasheet. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Ponce-Jara, M. A., Velásquez-Figueroa, C., Reyes-Mero, M., & Rus-Casas, C. (2022). Performance comparison between fixed and dual-axis sun-tracking photovoltaic panels with an IoT monitoring system in the coastal region of Ecuador. Sustainability, 14(3), 1696. https://doi.org/10.3390/su14031696

Sadeghi, R., Parenti, M., Memme, S., Fossa, M., & Morchio, S. (2025). A review and comparative analysis of solar tracking systems. Energies, 18(10), 2553. https://doi.org/10.3390/en18102553

Salazar-Peralta, A., Pichardo-S., J. A., & Pichardo-S., U. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. Revista de Investigación y Desarrollo, 2(5), 11–20.

Seme, S., Štumberger, B., Hadžiselimović, M., & Sredenšek, K. (2020). Solar photovoltaic tracking systems for electricity generation: A review. Energies, 13(16), 4224. https://doi.org/10.3390/en13164224

BIOGRAFÍAS

- Solís González, Byron Steve. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones por la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ecuador. Actualmente se desempeña como Director de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla. Cuenta con experiencia en administración de infraestructura tecnológica,

desarrollo de sistemas informáticos, gestión de plataformas educativas y mantenimiento de equipos electrónicos y computacionales. Sus áreas de interés incluyen, la automatización de procesos, las redes de comunicación, la aplicación de tecnologías en entornos educativos y el desarrollo de software

- Pujota Puga, Darwin Efraín, estudiante de segundo nivel de la carrera de Tecnología Superior en Mecatrónica del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. Contribuyó al desarrollo del prototipo seguidor solar de dos ejes basado en ESP32 para la optimización de captación energética.

Un modelo educativo para la formación tecnológica

Sotomayor Montero, Javier Germán[1]

[1] **Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, 0009-0004-4816-7827 , Cayambe, Ecuador**

Recibido: 2026-09-20 Aceptado: 2026-10-16

Resumen: Se sistematiza la experiencia del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla en el diseño de un modelo de formación tecnológica que integra andragogía, constructivismo y construccionismo. El análisis documental organizó la propuesta según sus fundamentos, secuencia didáctica, aplicaciones por carrera y evidencias de evaluación. Se describen aplicaciones presenciales en Mecánica Automotriz y Mecatrónica, una adaptación en línea para Contabilidad y una aplicación prevista en Marketing Digital y Comercio Electrónico. El modelo vincula la experiencia previa con la resolución de un problema profesional, la construcción de una solución y la revisión del desempeño. Se propone una matriz para registrar evidencias de autonomía, razonamiento técnico y calidad de los productos. El trabajo caracteriza el diseño pedagógico y establece criterios para su evaluación posterior.

Palabras clave. andragogía; constructivismo; construccionismo; educación superior tecnológica; evaluación de competencias.

An Educational Model for Technological Training

Abstract: This article systematizes the experience of Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla in designing a technological training model that combines andragogy, constructivism, and constructionism. The documentary analysis organized the proposal around its foundations, teaching sequence, program-specific applications, and assessment evidence. It describes face-to-face applications in Automotive Mechanics and Mechatronics, an online adaptation for Accounting, and a planned application for Digital Marketing and E-commerce. The model connects prior experience with professional problem solving, the construction of a solution, and the review of performance. An assessment matrix is proposed to document autonomy, technical reasoning, and product quality. The article characterizes the educational design and establishes criteria for its subsequent evaluation.

Keywords. andragogy; constructivism; constructionism; technological higher education; competency assessment.

1. Introducción

La formación tecnológica exige que el estudiante integre conocimientos disciplinares, los aplique en una situación profesional y justifique sus decisiones con evidencia. Al diseñar una asignatura, el desafío consiste en conectar lo que se espera que el estudiante aprenda con una tarea que haga visible ese aprendizaje, tanto en el taller como en un entorno en línea.

Entre 2019 y 2022, la oferta vigente en línea de Ecuador pasó de 109 a 1.049 carreras y programas (Consejo de Educación Superior, 2023). En ese contexto, el Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla propone una secuencia común para organizar actividades presenciales y en línea a partir de problemas profesionales.

El objetivo es sistematizar el modelo andragógico, constructivista y construccionista (ANCO), explicar cómo sus principios se convierten en decisiones docentes y proponer un procedimiento para evaluar su implementación.

2. Materiales y métodos

Se realizó una sistematización documental de la ponencia institucional. La unidad de análisis fue cada experiencia o propuesta formativa descrita por carrera. Para cada una se identificaron la modalidad, el problema profesional, la tarea del estudiante, la evidencia esperada y el alcance de implementación.

La revisión distinguió las aplicaciones descritas de los ejemplos de adaptación y de las propuestas futuras. Los casos se compararon según cómo activan experiencias previas, exigen revisar una explicación y permiten probar una solución. La bibliografía fundamentó la interpretación de esas decisiones didácticas.

El análisis se concentró en el diseño pedagógico documentado. Los puntajes del expediente carecen de una regla verificable que vincule las opciones de respuesta con la escala de cinco puntos.

3. Resultados y discusión

3.1. Fundamentos y secuencia del modelo

La andragogía aporta un punto de partida para la planificación: identificar experiencias, necesidades y motivaciones que el estudiante puede movilizar ante un reto profesional (Knowles, 1984). Una pregunta diagnóstica permite reconocer qué sabe hacer, qué decisiones puede asumir y en qué momento necesitará apoyo. Esa información orienta el grado de autonomía de la tarea.

Desde el constructivismo, el aprendizaje se observa cuando el estudiante relaciona información nueva con lo que sabe y revisa sus explicaciones en interacción con otros (Ausubel, 1968; Vygotsky, 1978). Una estrategia es pedir que cada equipo explicite una hipótesis inicial, compare sus predicciones con los datos y explique qué evidencia le llevó a cambiar de criterio.

El construccionismo materializa esa revisión en un artefacto que se puede examinar y mejorar: un prototipo, una simulación o un expediente técnico (Kafai, 2006; Papert, 1980). Para que el producto informe sobre el aprendizaje, conviene conservar también los borradores, las pruebas y la justificación de los cambios. Las rúbricas y los registros del proceso complementan la valoración del producto final (Guo et al., 2020).

En ANCO, los tres enfoques se concretan en decisiones sucesivas: qué conocimiento o experiencia recuperar, qué explicación someter a prueba y qué producto permitirá comprobar la solución. Un problema puede abrir el proyecto y la revisión del producto puede revelar un nuevo problema.

Al planificar el reto conviene distinguir los apoyos que recibe el grupo de las decisiones que debe tomar. En una primera actividad, el docente puede proporcionar una guía de verificación. En una actividad posterior, el equipo puede justificar por qué eligió sus propias pruebas. La retirada gradual

de apoyos permite observar si los estudiantes transfieren el procedimiento a una situación nueva.

3.2. Secuencia y aplicaciones por carrera

La Figura 1 sintetiza la secuencia. Cada fase deja una evidencia: diagnóstico inicial, propuesta de solución, resultado de prueba y reflexión final. El docente usa esas evidencias para orientar la retroalimentación.

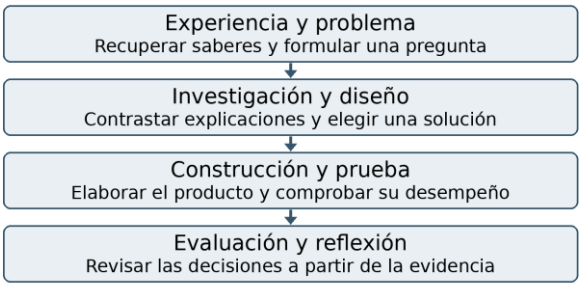


Figura 1. Secuencia didáctica del modelo ANCO.

En las aplicaciones presenciales, el taller y el laboratorio permiten contrastar las hipótesis con el comportamiento de un sistema físico. El aprendizaje basado en problemas aporta una estructura para investigar causas, seleccionar pruebas y defender una solución (Savery, 2006).

En línea, la evidencia se conserva mediante archivos de trabajo, versiones y comentarios. La Tabla 1 diferencia la adaptación descrita para Contabilidad de la aplicación prevista en Marketing Digital y Comercio Electrónico.

Tabla 1. Aplicaciones y evidencias formativas.

Carrera y alcance	Actividad y evidencia esperada
Mecánica Automotriz Presencial, descrita	Diagnóstico de una falla. Informe con hipótesis, mediciones y verificación.
Mecatrónica Presencial, descrita	Diseño de un sistema automatizado. Prototipo, programación y registro de pruebas.
Contabilidad En línea, adaptación descrita	Simulación de operaciones. Hoja de trabajo, estados financieros y justificación.
Marketing Digital y Comercio Electrónico En línea, prevista	Diseño de una campaña o tienda. Propuesta, métricas y criterios de evaluación.

En ambas modalidades, el diseño debe prever el momento en que el estudiante puede usar la retroalimentación para revisar su producto (Gikandi et al., 2011). En Ecuador, Guaicha Soriano et al. (2025) examinaron la percepción del enfoque andragógico en la enseñanza virtual universitaria. Ese antecedente orienta preguntas sobre la experiencia del estudiante, mientras que la evaluación de las competencias exige evidencias directas del desempeño.

3.3. Diseño de actividades y gestión académica

En Mecánica Automotriz, ante una falla de encendido, se puede pedir al estudiante que registre el síntoma, proponga causas y explique qué prueba permitiría diferenciarlas. En Mecatrónica, el diseño de una automatización puede partir de una tabla de entradas y salidas. El equipo comprueba el funcionamiento con casos normales y de falla y registra las diferencias entre el comportamiento esperado y el observado.

En Contabilidad, el caso puede exigir que cada registro se vincule con un documento de respaldo y que el equipo explique una diferencia detectada al

preparar los estados financieros. En Marketing Digital y Comercio Electrónico, una actividad prevista sería diseñar una campaña, definir su indicador de conversión y justificar qué ajuste se realizaría ante un resultado bajo.

Un criterio común entre modalidades es la trazabilidad. En el taller, el registro puede consistir en una hoja de mediciones y una fotografía del montaje. En línea, una hoja de cálculo con versiones o una captura del simulador permite revisar el procedimiento. En ambos casos, se pide al estudiante que explique cómo su evidencia respalda la decisión tomada.

Condiciones para la implementación

La coordinación de carrera puede asociar cada reto con un resultado de aprendizaje y definir qué evidencias se conservarán. El docente precisa las condiciones de la tarea, establece puntos de retroalimentación y aplica la rúbrica. En el trabajo grupal, una justificación individual breve permite identificar qué decisiones comprende cada estudiante.

Una ficha común puede documentar carrera, asignatura, modalidad, período, apoyos utilizados y cambios durante la actividad. Estos datos permiten interpretar por qué una misma secuencia tiene diferentes condiciones de aplicación.

3.4. Evaluación propuesta

La Tabla 2 reúne criterios para examinar desempeño. La autonomía se observa en decisiones justificadas; el razonamiento, en la relación entre hipótesis y pruebas; y la calidad del producto, en la comprobación de requisitos.

Tabla 2. Criterios propuestos para valorar el desempeño.

Criterio	Evidencia observable	Criterio de logro
Autonomía	Plan y bitácora del trabajo.	Justifica los ajustes y registra sus efectos en el plan.
Razonamiento técnico	Hipótesis o explicación inicial y registro de pruebas.	Selecciona pruebas pertinentes y sustenta la decisión con los datos.
Calidad del producto	Prototipo, simulación, expediente técnico o archivo digital.	Verifica los requisitos y documenta el resultado de la comprobación.
Reflexión y mejora	Comparación de versiones o revisión del informe.	Identifica qué cambió tras la retroalimentación y explica por qué.

Para pilotar la rúbrica, dos docentes pueden puntuar una muestra de productos por separado, comparar sus puntuaciones por criterio y ajustar los descriptores que generen desacuerdos. Cada carrera conserva el criterio común y define qué prueba permite demostrarlo en su contexto.

Se propone recoger una evidencia inicial y otra final de cada estudiante, con el mismo criterio y condiciones comparables. Se pueden reportar las frecuencias por nivel y el porcentaje que alcanza el nivel logrado, indicando el número de evidencias válidas y de entregas faltantes.

La rúbrica contempla tres niveles: inicial, si falta evidencia para sustentar la decisión; en desarrollo, si la evidencia es parcial; y logrado, si permite justificar la decisión y comprobar el resultado. Por ejemplo, en diagnóstico automotriz se alcanza el

nivel logrado cuando la prueba permite descartar al menos una causa plausible y el informe explica por qué.

Para complementar la rúbrica, en una futura aplicación se puede recoger la percepción de los estudiantes al cierre de la actividad. El análisis debe identificar la dimensión consultada, informar las opciones de respuesta y conservar la regla de puntuación utilizada.

Para distinguir avance de cumplimiento, pueden reportarse dos medidas. La primera es la proporción de estudiantes con evidencia válida que alcanza el nivel logrado al cierre. La segunda es la proporción que mejora al menos un nivel entre las dos entregas comparables. Debe indicarse cuántos estudiantes cuentan con ambas evidencias. Los cambios describen el progreso observado durante la actividad.

El seguimiento por criterio permite decidir qué ajustar. Si los productos cumplen la función prevista pero los informes ofrecen explicaciones débiles, la siguiente actividad puede exigir una justificación de la evidencia antes de la entrega. Si la dificultad se concentra en la prueba del producto, conviene revisar los recursos y el tiempo de laboratorio disponibles.

La percepción y el desempeño responden a preguntas diferentes. Una valoración favorable de la retroalimentación indica cómo el estudiante experimentó el acompañamiento. Los cambios observados en sus productos permiten examinar si justificó mejor sus decisiones o verificó requisitos que antes había pasado por alto.

3.5. Aplicación de una secuencia presencial

En una práctica de Mecatrónica se propone diseñar el control de nivel de un depósito de laboratorio. Antes del montaje, el equipo identifica las entradas y salidas, describe el comportamiento esperado y fija condiciones comprobables. El resultado de aprendizaje se formula en términos de desempeño: programar la secuencia y justificar su respuesta con registros de pruebas.

La actividad puede comenzar con una simulación o con un montaje conocido. El estudiante dibuja la secuencia prevista y explica cómo respondería el sistema ante una lectura intermitente. En la revisión de diseño, el docente pide que el grupo diferencie una falla de medición de una falla de programación y formule una prueba para cada hipótesis. Con esa guía, el equipo revisa su lógica y prepara el montaje definitivo.

La comprobación contempla un estado inicial, una transición normal y una condición de falla simulada. En cada caso el registro indica la acción aplicada, la respuesta esperada, la respuesta observada y el cambio realizado después del ensayo. El equipo entrega el esquema, la lógica de control y la bitácora. Cada integrante explica una decisión técnica y la evidencia que la respalda.

La rúbrica permite examinar el proceso incluso si el montaje queda incompleto. Un estudiante puede justificar bien una hipótesis mediante un ensayo pertinente y todavía necesitar apoyo para implementar la corrección. Registrar ambos desempeños por separado ofrece al docente una base para planificar la siguiente tutoría.

En Mecánica Automotriz, la misma estructura puede aplicarse al diagnóstico de un sistema de encendido. El producto principal sería un informe que relacione síntomas, causas plausibles y mediciones. En ambas carreras se valora la pertinencia de la prueba y la interpretación de los datos. La evidencia concreta depende de la tarea y de los recursos del taller.

3.6. Adaptación de la secuencia a la modalidad en línea

En Contabilidad se propone un caso con documentos de una empresa simulada, registros incompletos y una diferencia por conciliar. El docente entrega el enunciado y los criterios de logro en el aula virtual. El estudiante identifica los datos de respaldo, formula una explicación inicial para la diferencia y presenta una hoja de trabajo que permita reproducir el procedimiento.

La primera entrega contiene los registros y las decisiones que necesitan revisión. Tras la retroalimentación, el estudiante actualiza la conciliación y señala qué cambió entre versiones y por qué. La entrega final incluye el resultado, los documentos que lo sustentan y una explicación breve de los ajustes. Esto permite seguir el razonamiento y utilizar la retroalimentación durante la actividad (Gikandi et al., 2011).

En Marketing Digital y Comercio Electrónico, como aplicación futura, se puede plantear el diseño de una campaña simulada para una tienda. El equipo define un público y un objetivo, formula un indicador coherente y explica qué cambio haría ante un desempeño inferior al esperado. Si el ejercicio usa datos simulados, la evidencia evaluable es la calidad de la interpretación y de la decisión propuesta.

Para dar flexibilidad a estas actividades, el aula virtual puede incluir un enunciado descargable, un ejemplo de entrega y un espacio para consultas. Los videos o demostraciones pueden acompañarse de instrucciones escritas. El docente define los plazos de respuesta y de revisión de las entregas. La coordinación de carrera establece qué herramientas son indispensables y qué formatos alternativos permiten demostrar la misma competencia.

En ambas modalidades conviene conservar un conjunto mínimo de evidencias que permita revisar decisiones: la formulación inicial, la versión sometida a prueba y la justificación de los cambios. En línea, estas piezas pueden quedar en el historial de entregas. En el taller, pueden integrarse en una bitácora o en el informe de práctica.

3.7. Pilotaje y seguimiento institucional

Se propone iniciar el pilotaje en una asignatura de taller y una asignatura en línea. Antes de ejecutar el reto, cada docente acuerda con la coordinación de carrera el resultado de aprendizaje, las condiciones de la actividad, la evidencia que conservará y los momentos de recolección. La selección de asignaturas y grupos debe quedar documentada para interpretar el alcance de los datos.

La ficha de implementación puede registrar si se realizó un diagnóstico inicial, si hubo retroalimentación antes del cierre y si se conservó una versión revisada. Estos registros permiten examinar el grado de aplicación de la secuencia. Si faltó una fase, el informe debe consignar la razón, como falta de tiempo, disponibilidad de equipos o dificultades de acceso a la plataforma.

Para aplicar la rúbrica, dos docentes pueden revisar por separado una muestra de productos y discutir los criterios en los que difieran. Al examinar un registro de pruebas, por ejemplo, deberían coincidir en qué información permite reproducir el ensayo. Los descriptores ambiguos se ajustan antes de valorar el resto de las entregas. También conviene registrar la versión de la rúbrica empleada.

Como medida de implementación se puede informar la proporción de actividades planificadas que conservaron las evidencias previstas. Como medida de desempeño se puede informar la proporción de estudiantes evaluados que alcanzan el nivel esperado en cada criterio. Por ejemplo, para el criterio de verificación se divide el número de estudiantes que documentaron una prueba suficiente para comprobar el requisito por el total de estudiantes con evidencia válida.

El informe del pilotaje puede organizarse por asignatura y período e incluir el número de estudiantes inscritos, los que entregaron evidencias y los que tienen registros comparables antes y después de la retroalimentación. Informar los datos faltantes distingue las dificultades de recolección de los desempeños que se pudieron valorar.

La revisión institucional debería traducir los hallazgos del pilotaje en decisiones observables. Si varios equipos programan correctamente un sistema pero documentan de manera incompleta sus pruebas, la asignatura puede incorporar una plantilla de registro y revisarla en la tutoría. En el

siguiente período se comprueba si la medida se aplicó y se vuelve a revisar ese criterio.

Las diferencias entre modalidades requieren cautela. Un grupo puede contar con más tiempo de práctica, acceso a otros equipos o experiencia laboral previa. Para una evaluación comparativa posterior conviene definir tareas de complejidad equivalente y documentar esas condiciones. El pilotaje serviría para verificar la viabilidad del procedimiento y precisar qué información falta reunir.

3.8. Alcance de los hallazgos

La evidencia documental permite caracterizar el diseño y sus aplicaciones descritas. La evaluación futura debe registrar la participación y las condiciones de implementación. Una comparación entre carreras o modalidades requiere tareas equivalentes, criterios comunes y datos sobre las diferencias entre cohortes.

Si se incorporan indicadores de aprobación o retención, se deben documentar sus fuentes, períodos y denominadores. Su interpretación requiere considerar el contexto académico de cada cohorte.

La ponencia documenta el planteamiento institucional y ejemplos didácticos. Para evaluar la continuidad del modelo se necesitarían registros de asignaturas y períodos, criterios de selección y evidencias conservadas de cada proyecto. Estas fuentes permitirían examinar qué fases se aplicaron efectivamente y cuáles requirieron ajustes por recursos, tiempo o modalidad.

4. Conclusiones

ANCO ofrece una secuencia para vincular conocimientos previos, investigación de un problema y construcción de una solución verificable. La propuesta se concreta en actividades de taller, prototipado y simulación contable que dejan evidencias de las decisiones tomadas.

La incorporación de Marketing Digital y Comercio Electrónico se plantea como aplicación futura. La evaluación del modelo puede empezar con un pilotaje de la rúbrica y del cuestionario, acompañado por la recolección de productos y bitácoras.

El paso siguiente es pilotar la secuencia en una asignatura por modalidad. Una ficha de implementación y una rúbrica común permitirían documentar los ajustes necesarios y decidir si es viable extender el seguimiento a otras carreras.

Referencias

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view.* Holt, Rinehart and Winston.

Consejo de Educación Superior. (2023). *Avances en educación superior* (Vol. 2). https://www.ces.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/Avances-en-Educacio%CC%81n-Superior-Vol2.pdf

Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers & Education, 57*(4), 2333–2351. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004

Guaicha Soriano, K. M., Jurado Fernández, C. A., & Lozano Rivera, M. W. (2025). Didáctica del aprendizaje en entornos virtuales: Una visión andragógica desde la formación universitaria de ciencias sociales en Ecuador. *Revista InveCom, 6*(1), 1–12. https://doi.org/10.5281/zenodo.15635848

Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research, 102*, Article 101586. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586

Kafai, Y. B. (2006). Constructionism. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 35–46). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.004

Knowles, M. S. (1984). *Andragogy in action: Applying modern principles of adult learning.* Jossey-Bass.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* Basic Books.

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1*(1), 9–20. https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Harvard University Press.

Biografía

Javier Germán Sotomayor Montero es rector del Instituto Superior Tecnológico Nikola Tesla, en Cayambe, Ecuador. Es autor de la propuesta de sistematización del modelo educativo institucional para la formación tecnológica.